



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y BIOTECNOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE RILES DE ACUERDO A ACTIVIDAD INDUSTRIAL DEL GRAN
SANTIAGO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL QUÍMICO

PATRICIA IVONNE NÚÑEZ LÓPEZ

PROFESOR GUÍA:

LEANDRO HERRERA ZEPPELÍN

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

LUIS FELIPE SALAZAR CANALA-ECHEVERRÍA

JOSÉ HERNÁNDEZ PAVEZ

**SANTIAGO DE CHILE
JULIO 2009**

Agradecimientos

Para comenzar quisiera agradecer a Dios por darme la vida, por tener la familia que tengo, por darme las infinitas posibilidades que he tenido en mi vida de desarrollarme y por poder al fin, terminar con esta etapa.

En segundo lugar, agradezco a mis padres ya que gracias a ellos he podido ir creciendo y desarrollándome sin problemas, por darme una infancia feliz y estar incondicionalmente conmigo. A mi mamá por acompañarme siempre, por educarme, guiarme y enseñarme todo en la vida. Por sus reglas que ayudaron a formar mi camino de una manera firme y recta y su incondicional apoyo. A mi papá, por apoyarme en todo proyecto que pudo pasar por mi cabeza, por quererme tanto, por ser él.

A mi queridos hermanitos que los amo. A Paola, por ser tan cariñosa y esforzada, un ejemplo de mujer. A Rodrigo, a quien le copie todo, desde jugar con autos, jugar a las bases, estudiar en un colegio emblemático y finalmente estudiar ingeniería.

A mis sobrinos: Allan, Valentina y Tomás, que los adoro y espero que sean grandes personas en la vida, los quiero mucho y agradezco todas la alegrías que me han dado desde que nacieron. A mis primas Amanda y Bárbara, mi tías y en general toda mi gran familia.

A Julio por estar conmigo desde el primer año de la U, por ser quien más me ha ayudado a terminar mi carrera y me alentó a seguir en los momentos en que quise desistir. Por su amor y compañía durante todos estos años.

Agradezco también a mis amigos que durante años han estado conmigo. A Pía, por ayudarme con la revisión de la memoria, por acompañarme, darme su alegría y compañía, a Javier, mi amigo del alma con quien tengo una gran amistad de años, a Victoria por mantenerme cerca del ambiente del departamento, incluirme en sus grupos de estudio y ser mi amiga, a Oscar, por su gran amistad, sus especiales apuntes que más de una vez me ayudaron con un ramo, a Marcela, con quien tengo una amistad desde primer año, me comprende más que nadie y siempre me ha apoyado en todo; y en general a todas las personas que me han brindado su amistad.

A Leandro por transmitirme parte de sus conocimientos e ideales, a Luis Felipe a quien acudí todo este tiempo en busca de respuestas y quien siempre tuvo una gran voluntad para ayudarme, al profesor José Hernández por tener una gran voluntad de ayudar, y a Mario quien me brindó todo su apoyo, experiencia y conocimientos durante todo este tiempo, además de confiar en mi.

1. Resumen

El presente trabajo de memoria tuvo como principal objetivo relacionar cuantía y descarga de efluentes por tipo de actividad industrial, para ayudar a gestionar los recursos hídricos. Para llevarse a cabo, se dividió el trabajo en dos partes: análisis de parámetros de descarga de efluentes y realización de balance másico de agua. En la primera parte se identificaron las actividades económicas que causan más problemas a la región Metropolitana debido a que sus Riles exceden los límites máximos normados o utilizan grandes volúmenes de agua en sus procesos ya que no incluyen estudios de ingeniería para hacerlos más eficientes.

Las actividades económicas elegidas para este estudio son: “Fabricación de productos de plástico”, “Fabricación de productos de caucho”, “Fabricación de vino”, “Elaboración de bebidas no alcohólicas”, “Elaboración de cerveza”, “Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido jugos)”, “Fabricación de algodón”, “Tintorerías”, “Lavanderías”, “Curtidurías” y “Matanza de ganado”. Las actividades económicas seleccionadas corresponden a un 42% del universo de empresas catastradas en la región Metropolitana, por parte de la empresa Aguas Andinas.

Una vez obtenidas las actividades económicas, se identificaron los parámetros pertinentes a cada actividad industrial, de acuerdo al tipo de industria. La modificaciones realizadas a los parámetros que señala la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) son las siguientes: En “Fabricación de Plásticos” se eliminan los parámetros S^- y CN^- . En “Fabricación de productos de caucho” se retira CN^- y se agrega SO_4^- . En la Actividad “Fabricación de Vino” se incluye NH_4^+ y P. Con respecto a la “Elaboración de bebidas”, se elimina AyG, el que se reemplaza por P. A la actividad económica “Elaboración de cerveza” se debe eliminar AyG y agregar SO_4^- . En “Elaboración y Envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)” se retira AyG. Los parámetros Hg, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu y Cr^{+6} se eliminan de la actividad “Fabricación de Algodón” y “Tintorerías Industriales”. Finalmente las “Lavanderías”, “Curtidurías” y “Matadero” conservan sus parámetros sin modificaciones. Finalmente se recomienda hacer una revisión de alrededor de 500 empresas pertenecientes a las 11 actividades económicas analizadas, para clasificar las empresas en forma correcta de acuerdo al proceso que realizan y los efluentes que descargan.

La segunda parte del trabajo consistió en la realización de un balance másico de agua a las empresas analizadas, con el fin de determinar si utilizan el agua de forma eficiente. Se observó que 55% de las actividades económicas analizadas utiliza ineficientemente el agua, es decir, superan el valor del consumo eficiente sugerido por instituciones internacionales especializadas.

Además al comparar la cantidad de agua utilizada en el proceso de cada actividad económica con respecto a la cantidad recomendada por los entes especializados, se concluye que las siguientes actividades económicas pueden estar realizando dilución de sus cargas contaminantes: “Fabricación de Vino”, “Elaboración y envasado de Frutas y Legumbres (incluidos Jugos)” y “Tintorerías Industriales y acabados Textiles”. Esto significa que violarían las normas de descargas de Riles, por lo tanto se deben ejercer mayor control en dichas actividades económicas.

Índice de Contenidos

1.	Resumen.....	4
2.	Capítulo I: Introducción	7
2.1.	Antecedentes Bibliográficos	7
2.1.1.	Residuos Industriales Líquidos (Riles).....	7
2.1.2.	Composición de las aguas residuales.....	8
2.1.3.	Daños provocados por las aguas residuales.....	9
2.1.4.	Normativa Ambiental.....	10
2.1.5.	Normativa sector industrial.....	10
2.1.6.	Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU.....	11
2.1.7.	Eficiencia en la Utilización de Agua	12
2.2.	Descripción del Proyecto y Justificación	12
2.3.	Objetivos	14
2.3.1.	Objetivo General.....	14
2.3.2.	Objetivos Específicos.....	14
3.	Capítulo II: Metodología	15
3.1.	Elección de actividades económicas y descripción de su proceso.....	15
3.1.1.	CIIU 35601: Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte	16
3.1.2.	CIIU 35591: Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte	17
3.1.3.	CIIU 31321: Fabricación de Vinos.....	19
3.1.4.	CIIU 31341: Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	22
3.1.5.	CIIU 31331: Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas.....	24
3.1.6.	CIIU 31131: Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)	27
3.1.7.	CIIU 32117: Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte	32
3.1.8.	CIIU 32113: Tintorerías Industriales y Acabados Textiles	35
3.1.9.	CIIU 95201: Lavandería, lavaseco y tintorerías.....	38
3.1.10.	CIIU 32311: Curtiduría y Talleres de Acabado	38
3.1.11.	CIIU 31111: Matanza de ganado	41

3.2.	Balance Másico de Agua	42
4.	Capítulo III: Resultados y Análisis de Resultados.....	43
4.1.	Parámetros de Muestreo	43
4.1.1.	CIIU 35601: Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte.....	43
4.1.2.	CIIU 35591: Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte	44
4.1.3.	CIIU 31321: Fabricación de Vinos.....	44
4.1.4.	CIIU 31341: Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales	45
4.1.5.	CIIU 31331: Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas.....	46
4.1.6.	CIIU 31131: Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)	47
4.1.7.	CIIU 32117: Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte	48
4.1.8.	CIIU 32113: Tintorerías Industriales y Acabados Textiles	49
4.1.9.	CIIU 95201: Lavandería, lavaseco y tintorerías.....	50
4.1.10.	CIIU 32311: Curtiduría y talleres de acabado	51
4.1.11.	CIIU 3111: Matanza de ganado	52
4.2.	Balance Másico de Agua	53
5.	Capítulo IV: Discusiones	56
5.1.	Parámetros Pertinentes.....	56
5.2.	Balance Másico de Agua	58
6.	Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones	61
7.	Capítulo VI: Bibliografía.....	63
8.	Anexos.....	65

2. Capítulo I: Introducción

2.1. Antecedentes Bibliográficos

El agua es un recurso natural imprescindible para la vida. Por esta razón, su disponibilidad, tanto en calidad como en cantidad, determina si una especie será capaz de sobrevivir en un lugar determinado. El agua se encuentra en constante movimiento, ya que realiza un ciclo permanente. La radiación solar evapora aguas superficiales y oceánicas. El agua evaporada se acumula en la atmósfera, y según sean las condiciones, precipita, volviendo a la tierra finalmente. En el último tiempo, este ciclo se ha visto alterado debido a que la actividad industrial ha interferido las rutas naturales de retorno.

Tanto se ha contaminado el agua en el mundo que actualmente se deben tratar las aguas utilizadas, debido a que el curso natural no es capaz de hacerse cargo de tantos excesos de sustancias contaminantes. De hecho, la contaminación del agua comenzó ya en el siglo XVI, en relaves minero artesanales, pero era tan poca la gente sobre la faz de la tierra, que los resultados de prácticas inconscientes no se vieron reflejados en el entorno hasta fines del siglo XVIII en Europa, y a principios del siglo XX en nuestro país. A esas alturas, el problema en Chile no era menor, al punto que en 1916 se dictó la ley 3133 que trataba de la neutralización de residuos provenientes de establecimientos industriales, donde se especificaba que las industrias no podían verter sus remanentes líquidos en el alcantarillado, sin previo tratamiento. Seis años antes, se había inaugurado el sistema de alcantarillado en Santiago (1). Cabe señalar que el problema de la contaminación de las aguas se agravó debido a que la población de la capital comenzó a crecer, producto, en gran medida, de las migraciones campo-ciudad que comenzaron a registrarse en ese entonces. La mayor demanda de servicios y el progreso técnico e industrial, que no tenía contemplada la amistad con el entorno, fueron factores cruciales en el posterior deterioro de los cursos de agua en toda la región, ya en aquella época la más poblada del territorio nacional.

Hoy en día, el agua potable, una vez utilizada por el hombre, debe ser desechada, evacuada desde los domicilios e industrias, y posteriormente tratada a fin de evitar la propagación de enfermedades infecciosas que puedan dañar la salud de los humanos. Además, con el transcurso del tiempo se han ido creando normas destinadas a proteger los cuerpos de agua, a fin de evitar la contaminación y sobrecarga impuesta a los cursos de aguas naturales (2).

El resultado ha sido un incremento paulatino en el desarrollo e implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, así como las provisiones necesarias para la recolección y transporte de las mismas.

2.1.1. Residuos Industriales Líquidos (Riles)

Toda comunidad genera residuos, sean estos sólidos, líquidos o gases. La parte líquida de éstos, las denominadas “aguas residuales”, son las aguas que desecha la comunidad una vez que ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada. Las aguas residuales se pueden definir como la combinación de los residuos líquidos o aguas portadoras de residuos procedentes, tanto de residencias, instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, como de aguas subterráneas, superficiales y pluviales, presentes en la red de alcantarillado público.

Los residuos industriales líquidos o Riles, son aguas de desecho generadas en establecimientos industriales como resultado de un proceso, actividad o servicio. Éstas contienen diversas sustancias de origen natural o artificial, que pueden ser más o menos dañinas para el hombre, los animales y el ambiente. La composición de los Riles depende principalmente de su origen.

La mayoría de las industrias utilizan, de una u otra manera, el agua, de forma que al terminar el proceso industrial el líquido usado ha sido degradado por adición de sustancias o de características físicas contaminantes, convirtiéndose así en un desecho. Los efectos que podrían provocar los riles pueden variar según el punto donde éstos sean descargados. Es por todo ello que la evacuación inmediata y sin molestias del agua residual de sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y eliminación, es imprescindible en toda ciudad industrializada (3).

2.1.2. Composición de las aguas residuales

El agua, en sus diferentes estados adquiere contaminantes que pueden ser materiales orgánicos e inorgánicos. Para conocer el grado de contaminación de las aguas residuales se utilizan ciertos parámetros regulados señalados en la siguiente tabla:

Tabla 1: Parámetros normados de muestreo de efluentes.

Parámetros	Abreviación	Parámetros	Abreviación
Aceites y Grasas	AyG	Níquel	Ni
Arsénico	As	Nitrógeno Amoniacal	NH ₄ ⁺
Cadmio	Cd	pH	
Cianuro	CN ⁻	Plomo	Pb
Cobre	Cu	Poder Espumógeno	PE
Cromo total	Cr	Sólidos Sedimentables	SD
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	Sulfatos	SO ₄ ⁼
Demanda Bioquímica de oxígeno	DBO ₅	Sólidos Suspendidos totales	SS
Fósforo	P	Sulfuro	S ⁼
Hidrocarburos	HC	Temperatura	T
Mercurio	Hg	Zinc	Zn

A continuación se definirán algunos de los más utilizados (4):

DBO₅: La *demanda bioquímica de oxígeno*, es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable en cinco días a una temperatura de 20° C.

DQO: La carga contaminante de las aguas residuales también puede expresarse mediante la *demanda química de oxígeno* que representa el oxígeno requerido para la oxidación química de los constituyentes orgánicos e inorgánicos. Generalmente se utiliza dicromato de potasio o permanganato de potasio, como agentes oxidantes.

SS: Los *sólidos suspendidos totales* se definen como la porción de sólidos retenidos por un filtro o fibra de vidrio que posteriormente se seca a 103 – 105°C hasta peso constante. Se encuentran en muchos vertidos industriales en una cantidad considerable en efluentes de variados tipos de industrias, tales como fábricas de conservas y papeleras.

SD: Los *sólidos sedimentables* se definen como aquellos que se depositan en el fondo del recipiente que los contiene, tras un período de tiempo específico. La determinación de los SD da una noción del volumen y densidad del lodo presente en el agua residual.

NH₄⁺: El contenido de *nitrógeno amoniacal* es un parámetro que permite determinar la contaminación producida por aguas residuales domésticas y comerciales. Cantidades relativamente pequeñas de este elemento son tóxicas para los peces. A parte de originarse en aguas residuales domésticas e industriales, el amoníaco puede provenir de explotaciones agrícolas (fertilizantes). También se produce de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados tales como descomposición de proteínas o urea.

P: Es un nutriente esencial para los organismos vivientes. Tiene gran influencia en el proceso de eutroficación, por esa razón es importante determinar su concentración en el agua residual. En las aguas residuales aproximadamente un 50% del *fósforo* está presente como ortofosfato; un 10% como enlaces orgánicos y alrededor de un 40% como fosfatos condensados, provenientes de detergentes (4). Los detergentes poseen tripolisfosfato de sodio Na₅P₃O₁₀, compuesto muy utilizado en detergentes como estabilizador del calcio, con alto poder de solubilización, no tóxico para los humanos, y económico (13).

PE: El *poder espumógeno* se define como la capacidad de una solución de producir espuma.

AyG: Los *aceites y grasas* son sustancias de origen vegetal o animal que consisten en mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir, triglicéridos.

2.1.3. Daños provocados por las aguas residuales

Se considera que las aguas residuales son dañinas, cuando impiden o perjudican el uso normal del agua o cuando acarrean contaminantes considerados como nocivos. Las aguas domiciliarias cuentan con la presencia de numerosos microorganismos patógenos, causantes de enfermedades, que habitan en el aparato intestinal humano o que pueden estar presentes en ciertos residuos industriales. Dentro de los microorganismos que contienen las aguas residuales se encuentran las bacterias, que originan enfermedades intestinales, tales como tifoidea, paratifoidea, enteritis y disentería. También se encuentran los virus de la polio y la

ictericia infecciosa. Además las aguas residuales domésticas y algunas industriales contienen huevos de parásitos de origen humano y animal (4).

La descarga de Riles a los cuerpos de aguas superficiales puede provocar graves efectos en el medio ambiente -en la flora y fauna acuática de los ríos, lagos y cauces naturales- generando trastornos en la agricultura como consecuencia del riego con aguas contaminadas. Las aguas residuales pueden destruir completamente un sistema ecológico, y de esta manera eliminar una fuente de recursos naturales y de producción de alimentos (2).

Finalmente, cabe señalar que el desechar sustancias valiosas, generadas en los procesos de producción, significa una pérdida económica, ya que dichas sustancias se pueden recuperar mediante reciclados y procesos de separación.

2.1.4. Normativa Ambiental

Los cursos de agua se utilizan de diferentes modos, siendo uno de los más importantes el de transporte y eliminación de contaminantes. Sin embargo, existen otros usos de importancia, tales como alimentación, bebida, baño, pesca, riego, etc. Dada la importancia de los cursos de agua, éstos se deben proteger para que puedan cumplir con los requerimientos de la comunidad y el medio ambiente.

En la actualidad, dentro de las políticas de protección al medio ambiente, se han desarrollado normas que exigen a las empresas cumplir con rangos de valores de parámetros, antes de descargarlos al alcantarillado o a cursos de agua (5).

2.1.5. Normativa sector industrial

Un establecimiento industrial es aquel que realiza una actividad económica, donde se produce una transformación de la materia prima, originando nuevos productos. También aquellos que no producen ningún tipo de transformación en su esencia, pero sí realizan operaciones de fraccionamiento, manipulación o limpieza, ya que descargan efluentes contaminantes

Las normas de emisión indican la cantidad máxima permitida para los efluentes líquidos industriales. Esta cantidad se expresa en términos de concentración, es decir, unidades de masa por unidad de volumen de efluente líquido (excepto para pH, temperatura y el parámetro de sólidos sedimentables). Esta cantidad se mide como un promedio diario de las emisiones, y corresponde a las mediciones realizadas en los días de autocontrol que le corresponden al establecimiento industrial (6).

Respecto de la normativa que apoya a los organismos fiscalizadores en lo que concierne a las emisiones hacia diferentes cuerpos receptores, destacan el Decreto Supremo que dicta la Norma de Descarga de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales (DS N°90/2000, en adelante DS 90), que establece las concentraciones máximas de contaminantes permitidas para las fuentes emisoras (Anexo A), y la Norma de Emisión de Efluentes a Sistemas de Alcantarillado (DS N°609/98, en adelante DS 609) que regula las descargas de los residuos líquidos industriales (riles) a las redes públicas de alcantarillado.

El cumplimiento de las normas está destinado a proteger en forma directa el medio ambiente, así como también proteger y preservar los servicios públicos de recolección y disposición de aguas servidas, al evitar la generación de interferencias con los sistemas de tratamiento, corrosiones, incrustaciones u obstrucciones de las redes de alcantarillado (5).

Generalmente los riles representan un riesgo potencial para el entorno, debido a la carga contaminante que contienen. Esto es bastante significativo en ciertas industrias, principalmente en las mineras,

químicas, metalúrgicas, alimenticias, cerveceras y papeleras, entre otras, pues las sustancias tóxicas presentes en sus vertidos son difícilmente biodegradables.

2.1.6. Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU

La organización de las Naciones Unidas ha clasificado las actividades económicas según su producto o servicio prestado, definiendo una estructura de códigos denominada "Clasificación Industrial Internacional Uniforme", conocida por su sigla CIIU. Esta clasificación tiene como objetivo principal el presentar un conjunto de categorías que entreguen la información necesaria para el manejo de las industrias a nivel nacional, desde el punto de vista de la producción.

El propósito secundario de la CIIU es presentar ese conjunto de categorías de modo tal que los establecimientos industriales se puedan clasificar según la actividad económica que realizan.

Cada país tiene, por lo general, una clasificación industrial propia, basada en la estructura establecida por la ONU y adaptada en la forma más adecuada para responder a sus circunstancias individuales y al grado de desarrollo de su economía. Pero dado que las necesidades de clasificación industrial varían, ya sea para los análisis nacionales o para fines de comparación internacional, la CIIU permite que los países produzcan datos de acuerdo con categorías comparables a escala internacional (7).

En Chile, el comité de nomenclaturas (organismo nacional formado por el Instituto Nacional de Estadísticas, el Servicio de Impuestos Internos, el Servicio Nacional de Aduanas y el Banco Central, que opera desde octubre de 2002 (7)), reconociendo la importancia de disponer de un conjunto de clasificadores de manera de potenciar el sistema estadístico nacional, desarrolló uno de clasificaciones de carácter nacional, denominado CIIU.cl que tuvo las siguientes consideraciones en su construcción:

- Requerimientos y necesidades de las distintas instituciones a nivel nacional.
- Comparabilidad internacional.
- Consideración de la clasificación anterior.

Con respecto a la CIIU (8), su estructura está definida como un sistema de seis categorías o niveles jerárquicos. Los dos primeros son de tipo general, los dos siguientes incluyen variaciones para reflejar adecuadamente la gama de actividades nacionales. Los dos últimos ofrecen el nivel de detalle requerido, siendo el último el de clasificación de agentes económicos. (El Anexo B presenta una tabla que muestra la distribución de elementos por cada nivel y la estructuración de su código).

Además, cada sección o nivel de tabulación tiene asociada una o más divisiones. (Anexo C). En la tabla completa de la CIU, se muestra una columna por cada nivel, de manera que es posible apreciar la jerarquía entre las distintas categorías, desde el nivel de división al nivel de código. (Anexo D).

2.1.7. Eficiencia en la Utilización de Agua

El consumo de agua en el mundo ha aumentado significativamente en las últimas décadas, debido principalmente a su uso industrial, al incremento de la población, y al aumento del consumo de agua per cápita, producto del crecimiento económico y el cambio en el estilo de vida de las personas. Sin embargo el consumo de agua domiciliaria es relativamente bajo con respecto al de los otros sectores como el industrial y agricultura.

El conservar agua significa un ahorro en los costos de electricidad, en el gas, en los productos químicos y en la descarga del agua residual. El uso eficiente del agua también puede tener beneficios significativos para el medio ambiente, la salud pública y la economía, mediante el mejoramiento de la calidad del agua, la mantención de los ecosistemas acuáticos y la protección de fuentes de agua potable.

En la fabricación de muchos de los productos presentes en el mercado, no se utiliza el agua de acuerdo a lo sugerido por organismos internacionales especializados. Por este motivo la EPA (Environmental Protection Agency) (9) cuenta con herramientas de información pública para concienciar a la ciudadanía sobre la importancia de la conservación de este recurso, y la creciente demanda a los sistemas de suministro de agua.

2.2. Descripción del Proyecto y Justificación

La región Metropolitana de la República de Chile concentra la mayor parte de la actividad económica del país. La base industrial de la región es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo.

Las aguas residuales y los vertidos industriales presentan contaminación con cuatro orígenes básicos dentro del proceso económico:

1. Contaminación originada por la obtención de las materias primas, incluyendo los daños ambientales causados por la extracción y transporte de materias primas no renovables y materiales reciclados, necesarios para la producción.
2. Contaminación debida al proceso, originada en el mismo y por el mismo proceso productivo.
3. Contaminación debida al producto, incluye el daño al medio ambiente debido al uso cotidiano del producto.
4. Contaminación residual que abarca el vertido final de los productos cuando acaba su vida útil.

Las sales inorgánicas presentes en la mayor parte de los residuos industriales, lo mismo que en la propia naturaleza endurecen el agua y hacen que no sea utilizable para usos industriales, domésticos o agrícolas. Las aguas cargadas de sales eliminan la vida acuática, así como producen incrustaciones en los sistemas públicos o industriales de distribución de

aguas, aumentando la resistencia a la circulación, disminuyendo su capacidad de transporte.

Por esta razón, existe una reglamentación sobre la descarga de las aguas residuales a cauces de agua o, como es el caso de la región Metropolitana, a una red de colectores. Dicha reglamentación indica los tipos y concentraciones de las aguas residuales.

En este sentido, a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), le corresponde la fiscalización del cumplimiento de la normativa que regula las condiciones en que las descargas de riles. Las empresas sanitarias, como es el caso Aguas Andinas, cooperan con la tarea fiscalizadora de la SISS.

El presente estudio abordó la problemática de las descargas de riles. Para llevarse a cabo, el trabajo se dividió en las siguientes etapas:

1. Identificación de actividades económicas cuyas descargas tienen mayor flujo másico de parámetros normados: En esta parte se seleccionaron 11 actividades económicas para ser analizadas. El criterio de selección se basó en elegir aquellas cuyos valores de parámetros de DBO_5 y SS superaban el valor que indica la norma. Además se eligieron aquellas cuyo CIU de actividad económica no posee parámetros de descarga asociados de acuerdo a la tabla N°5 del DS 609. (Anexo E).
2. Documentación del proceso, en términos del diagrama de flujos del proceso (DFP) de operación: Luego de tener las actividades económicas seleccionadas, se procedió a documentar los procesos productivos de cada actividad económica, para conocer las etapas que posee el proceso, las materias primas utilizadas y las características de los Riles que se generan en él, que son descargados al alcantarillado. Cabe señalar que el DFP presenta un esquema general del proceso de cada actividad industrial.
3. Identificación de parámetros pertinentes a cada proceso y contraste con los que señala la SISS: Para llevar a cabo esta etapa se realizaron visitas a terreno, donde se revisó el proceso productivo de cada empresa, para poder así identificar los contaminantes que descargan en los efluentes. Luego, se compararon dichos contaminantes con los que señala la SISS.
4. La última etapa del trabajo consistió en la realización de un balance másico de agua, cuyo objetivo principal fue saber el volumen de agua que utiliza cada empresa seleccionada, en su proceso y comparar dicho valor con el consumo de agua eficiente sugerido, encontrado en la bibliografía.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General

Relacionar cuantía y descarga de efluentes por tipo de actividad industrial de un universo de once actividades económicas para gestionar de mejor manera los recursos hídricos.

2.3.2. Objetivos Específicos

Identificar pertinencia de parámetros normados de descargas industriales, de acuerdo a la CIU.

Contrastar parámetros identificados con los que señala la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), de acuerdo al tipo de industria.

Realizar balance másico de agua de las empresas analizadas con el fin de determinar si utilizan el agua de forma eficiente, según lo sugerido por organismos especializados.

3. Capítulo II: Metodología

La metodología de trabajo se dividió en dos partes. La primera referente a los parámetros de muestreo, la elección de actividades y el análisis de cada una de ellas, y la segunda, referente a la realización del balance másico de agua.

3.1. Elección de actividades económicas y descripción de su proceso

El trabajo comenzó con la elección de las actividades económicas a estudiar. Para esto se seleccionó a aquellas que no poseen parámetros de muestreo de acuerdo a la tabla N°5 del DS 609 (Anexo E), y para las cuales es esencial la utilización de agua, y a su vez, descargan riles contaminantes que superan los parámetros establecidos por la norma. Las actividades elegidas fueron:

Tabla 2: Actividades económicas seleccionadas

CIUU	Descripción Actividad
35601	Fabricación de productos plásticos diversos
35591	Fabricación de productos de caucho no clasificados
31321	Fabricación de vinos
31341	Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales minerales
31331	Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas
31131	Elaboración y envasado de frutas y legumbres (jugos)
32117	Fabricación de otros productos textiles no clasificados
32113	Tintorerías industriales y acabados textiles
95201	Lavandería, lavaseco y tintorerías
32311	Curtiduría y talleres de acabado
31111	Matanza de ganado

Las empresas correspondientes a las actividades económicas seleccionadas corresponden a un 42% del universo de empresas catastradas por Aguas Andinas, pertenecientes a la Región Metropolitana.

Una vez elegidas las actividades económicas (se seleccionaron alrededor de tres empresas por actividad económica) se procedió a documentar el diagrama de flujos de proceso de cada una, y simultáneamente se realizaron visitas a las industrias seleccionadas para poder observar el proceso y constatar los contaminantes que efectivamente descargan. De esta forma, se seleccionaron los parámetros pertinentes a cada actividad económica. A continuación se describirá el proceso de dichas actividades.

3.1.1. CIIU 35601: Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte

La actividad industrial correspondiente al CIIU 35601 consiste fundamentalmente en moldeo, es decir, fabricación de productos de plástico, utilizando como materia prima plástico en forma de pellet o polvo.

Plástico es el nombre genérico de los compuestos órgano-químico poliméricos obtenidos por síntesis o procedentes de sustancias naturales, como el petróleo, gas natural, carbón y sal común; aunque también pueden proceder de la madera, algodón, resinas, gomas vegetales, plantas oleaginosas e incluso derivados de lácteos. Las materias primas utilizadas son el polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, y poliestireno, principalmente, los que se encuentran en estado sólido en forma de pellets o polvo (10).

El proceso de dicha actividad consiste en fundir la materia prima e inmediatamente dar la forma deseada en un molde. Los plásticos se funden a temperaturas relativamente bajas, en comparación con los metales, lo que los hace ser fáciles de manejar y requerir menos energía en su procesamiento.

Con respecto a la normativa, cabe mencionar que de acuerdo al D.S. N°609, la actividad económica 35601, "Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte", no contiene contaminantes de muestreo asociados a su actividad industrial, de acuerdo a la tabla n°5 (Anexo E) de dicha norma, por tal motivo se le asocian los siguientes parámetros de muestreo: pH, T°, SS, SD, HC, AyG, P, PE, DQO, DBO₅, CN⁻, NH₄⁺, SO₄⁻² y S⁻².

A continuación se realizará una descripción de los principales procesos de la actividad industrial:

Extrusión: La materia prima en forma de partículas, gránulos o polvo termoplástico se coloca en una tolva y se alimenta a un barril (cañón) del extrusor. Este barril contiene un tornillo que mezcla las partículas y las transporta por el barril. La fricción interna debida a la acción mecánica del tornillo, junto con calentadores que rodean el barril del extrusor, hace calentar el pellet y fundirlo. Finalmente el plástico es forzado a pasar a través de un dado o hilera que da la forma requerida.

Inyección: El moldeo por inyección consiste en alimentar las partículas o pellets a una cámara caliente, donde la masa fundida es forzada a pasar a una cámara con matriz o dado bipartido, mediante un émbolo hidráulico o con un tornillo rotatorio. En este método se transfiere una gran cantidad de calor al polímero, debido al calentamiento por fricción. Luego el plástico fundido es forzado a entrar al molde que tiene la forma deseada. Para polímeros termoplásticos (que son los más utilizados) los moldes deben estar relativamente fríos. Por esta razón, los moldes suelen tener canales de enfriamiento.

Soplado: Este tipo de moldeo utiliza tubos o piezas brutas coextruidas, por lo que permite producir estructuras en varias capas. Como ejemplo de estas estructuras está el empaque de plástico para alimentos y bebidas, con características especiales de barrera contra olores y permeabilidad, protección de sabor y aroma, resistencia a rasguños, facilidad de impresión y capacidad de llenarse con fluidos calientes.

Inyector Soplado: Este tipo de proceso tiene una primera parte que consiste en moldear una pieza tubular o pieza bruta. Luego el molde se abre y la pieza pasa a una matriz o hilera de

moldeo que funciona por soplado. Se inyecta aire caliente a la pieza bruta, que se expande hasta llegar a la cavidad del molde. Se utiliza para hacer recipientes huecos, tales como botellas para bebidas.

Descripción de las empresas visitadas

Empresa N°1

La empresa estudiada confecciona moldes, partes y piezas plásticas mediante los procesos de extrusión, soplado e inyección. Entre los principales productos de esta empresa se encuentran los envases de plástico de alimentos y productos farmacéuticos de todo tipo. Utilizan como materia prima polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET).

Mediante inyección y extrusión fabrican tapas, potes y accesorios. Mediante soplado fabrican botellas, potes y frascos. La fábrica utiliza agua en circuito semiabierto para enfriar las máquinas.

Empresa N°2

Los principales productos que fabrica esta empresa son tambores, tarros de basura, sillas, mesas, regaderas, pelotas, peinetas y esferas antinebulizantes (se utilizan en procesos mineros para evitar la evaporación de ácidos). Su principal materia prima es el polipropileno.

Realizan extrusión, inyección, soplado y rotomoldeo (materia prima en forma de polvo, que se esparce en el molde mediante giros) para la confección de los productos de plástico. No utilizan agua en el proceso, dado que realizan refrigeración por aceite y por refrigerante (amoníaco) en circuito cerrado.

Empresa N°3

Establecimiento industrial dedicado a la fabricación de envases plásticos y envasado de hipoclorito de sodio. El proceso productivo consiste en la transformación de materia prima compuesta de polipropileno, a través de los procesos de soplado e inyección en envases plásticos.

No produce residuos industriales líquidos, ya que utiliza el agua sólo para enfriar la maquinaria, y ésta es recirculada.

3.1.2. CIU 35591: Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte

En la industria del caucho se utilizan básicamente dos tipos de caucho: el natural y el sintético. El caucho sintético se obtiene a través de diferentes polímeros, mientras que el caucho natural, específicamente el látex, se obtiene de la corteza de los árboles.

Dentro de esta actividad económica se encuentra la fabricación de productos de látex principalmente fabricación de globos. Para dicha actividad no se tienen parámetros de monitoreo de acuerdo a la tabla n°5 del DS609, por lo que se asocian los siguientes parámetros de muestreo a dicha actividad industrial: pH, T°, DBO₅, DQO, P, PE, SS, SD, A y G, HC, CN⁻ y NH₄⁺.

El proceso de la fabricación de globos se realiza en las siguientes etapas:

Preparación del látex: El látex es un hidrocarburo lechoso compuesto en un 50% de sólido y 50% de agua. En su estado natural el látex no posee ninguna fuerza física, por esta razón se debe agregar azufre y óxido de zinc para vulcanizar parcialmente el material para que adquiera resistencia. De esta manera el polímero se vuelve un material elástico fuerte (11).

Inmersión de Moldes: Los moldes de los globos se sumergen en una solución coagulante. Se utiliza carbonato de calcio y nitrato de calcio para mejorar las propiedades mecánicas del globo. Posteriormente los moldes se sumergen en el látex con un coagulante, para formar una especie de gel en el molde. Finalmente el gel formado se introduce en pintura para dar color.

Lixiviado y Secado: Una vez que el gel obtenido se ha fijado firmemente a los moldes, éstos pasan a una etapa de lavado o lixiviación, donde se sumergen en estanques con agua para extraer los residuos y las proteínas químicas indeseadas que se generan naturalmente en el látex.

Luego del proceso de lixiviación, los moldes pasan a un horno de secado, donde se extrae el agua.

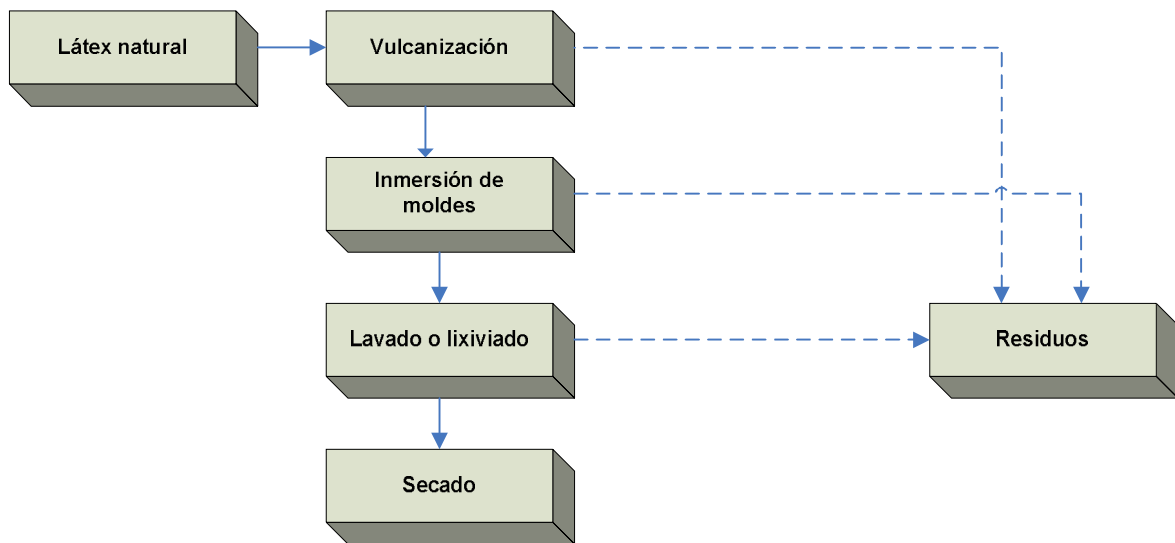


Figura 1: Diagrama de flujos del proceso: fabricación de globos de látex

Descripción Empresa Visitada

Empresa N°1

Empresa que fabrica globos utilizando como materia prima látex natural. El proceso productivo se realiza en forma continua y se puede dividir en preparación del látex, inmersión de moldes y lixiviado y secado.

La empresa utiliza el agua principalmente en la etapa de lavado o lixiviación. Además se puede señalar que se realizan lavados periódicos de las máquinas, los estanques y pisos, debido a que se utilizan tinturas orgánicas para dar color a los globos.

3.1.3. CIIU 31321: Fabricación de Vinos

La industria del vino en Chile tuvo un gran crecimiento durante la década de 1990, lo que permitió que el país se posicionara en el quinto lugar entre los países con mayores ventas en el ámbito internacional, siendo este motivo una razón de la importancia de dicha actividad económica para el país.

De acuerdo al CIIU 31321, "Fabricación de vinos", se deben monitorear los siguientes parámetros: pH, SS, DBO5 y DQO, pero existen algunas viñas a las que se les agregan otros parámetros, tales como T°, PE y SD.

Para poder entender bien el lenguaje utilizado, se definen los siguientes conceptos:

Escobajo: Es el material vegetal que queda del racimo de uvas, luego de extraer los granos (tallos del racimo y partes verdes que lo unen a los granos).

Orujo: Material restante de la uva después de ser exprimida y extraída toda la pulpa y jugo del interior (hollejo)

Borra: Es el producto semilíquido obtenido de la fermentación del zumo de uva y de la elaboración del vino, a través de la clarificación mediante decantación de sólidos.

A continuación se realizará una descripción del proceso de fabricación de vino espumoso (12).

La fabricación de vino espumoso se restringe a la realizada en la Región Metropolitana, que utiliza "vino base" como materia prima, para luego transformarlo en producto final, que es el vino espumoso. El vino base es el mosto o jugo concentrado que se obtiene después de un proceso que consiste en dos etapas principales. La primera comienza al cosechar la uva seguida de la separación de escobajos y molienda, adición de dióxido de azufre (para evitar la fermentación), y finalmente, separación de orujos y prensado. La segunda etapa consiste en la elaboración misma del mosto, mediante procesos de clarificación, filtración, desulfitación (extracción del dióxido de azufre adicionado anteriormente), y posterior concentración por evaporación.

Para la fabricación del vino existen dos métodos principales: vino espumoso de cava y vino espumoso de grandes envases, ambas explicadas a continuación:

- **Vino espumoso de Cava:** Cava es el vino espumoso, cuyo proceso de elaboración comienza con una fermentación y finaliza con la eliminación de la borra. La fermentación se realiza en la misma botella. Este es el denominado "método tradicional", que ha sustituido a la denominación "método champenoise", reservada exclusivamente para los vinos de Champagne franceses elaborados por el mismo sistema.

La elaboración de los vinos espumosos por el método tradicional se realiza dentro de las botellas, como único envase. Comienza con la estabilización en frío del vino base para evitar que se forme la borra, luego, mediante filtración, se recupera la totalidad del mosto contenido en los desechos resultantes.

La siguiente etapa comprende la preparación del vino de tiraje, compuesto por una mezcla de vino base, azúcar, levaduras y aditivos. Se embotella y posteriormente se realiza una fermentación en la botella. La fermentación alcohólica se desarrolla durante uno o dos meses a una temperatura reducida de 10 a 15°C, donde la presión del gas carbónico se eleva progresivamente. El proceso continúa con la agitación en los denominados giropallets, donde las botellas quedan boca abajo. Posteriormente se congela el gollete de la botella, formándose un tapón de hielo que engloba la borra. Debido al congelado es posible abrir la botella, que debido a la presión de fermentación, expulsa las levaduras congeladas junto con algo de vino. Finalmente el vino obtenido se deja reposar el tiempo deseado (guarda) y finalmente es etiquetado y empacado.

- Vinos espumosos de “Grandes Envases”: Este tipo de vino, también llamado “Granvás”, es aquél cuya fermentación se realiza en grandes recipientes herméticos, desde los cuales se transvasa a las botellas para su comercialización. En este sistema, también conocido como “método charmat”, el vino se elabora de la misma forma descrita anteriormente, salvo que la fermentación y crianza se realiza en un depósito de gran volumen y resistente a la presión.

El vino de tiraje se prepara de una manera similar al del método tradicional. Al vino base se le agrega la cantidad de azúcar necesaria para conseguir la presión de anhídrido carbónico deseada, y una población suficiente de levaduras seleccionadas. La fermentación se realiza dentro de depósitos de presión o autoclaves, dotados de un sistema de calentamiento y de refrigeración, para mantener la temperatura de fermentación entre 16° y 20°C, durante 9 a 10 días, tiempo en el que se alcanza la presión necesaria. El vino espumoso permanece en crianza y luego se filtra antes de continuar el proceso.

Finalmente, el vino se filtra, se embotella taponándose y etiquetándose. Las operaciones de trasiego o de transvases entre depósitos se realizan con aire estéril a presión, o con nitrógeno como gas a contrapresión.

La calidad de estos vinos espumosos es inferior a los obtenidos por el sistema tradicional, debido a la insuficiente cantidad de levaduras presentes, pues la superficie de contacto es muy inferior al realizado en botellas. Además el tiempo de contacto o de crianza se reduce en gran medida.

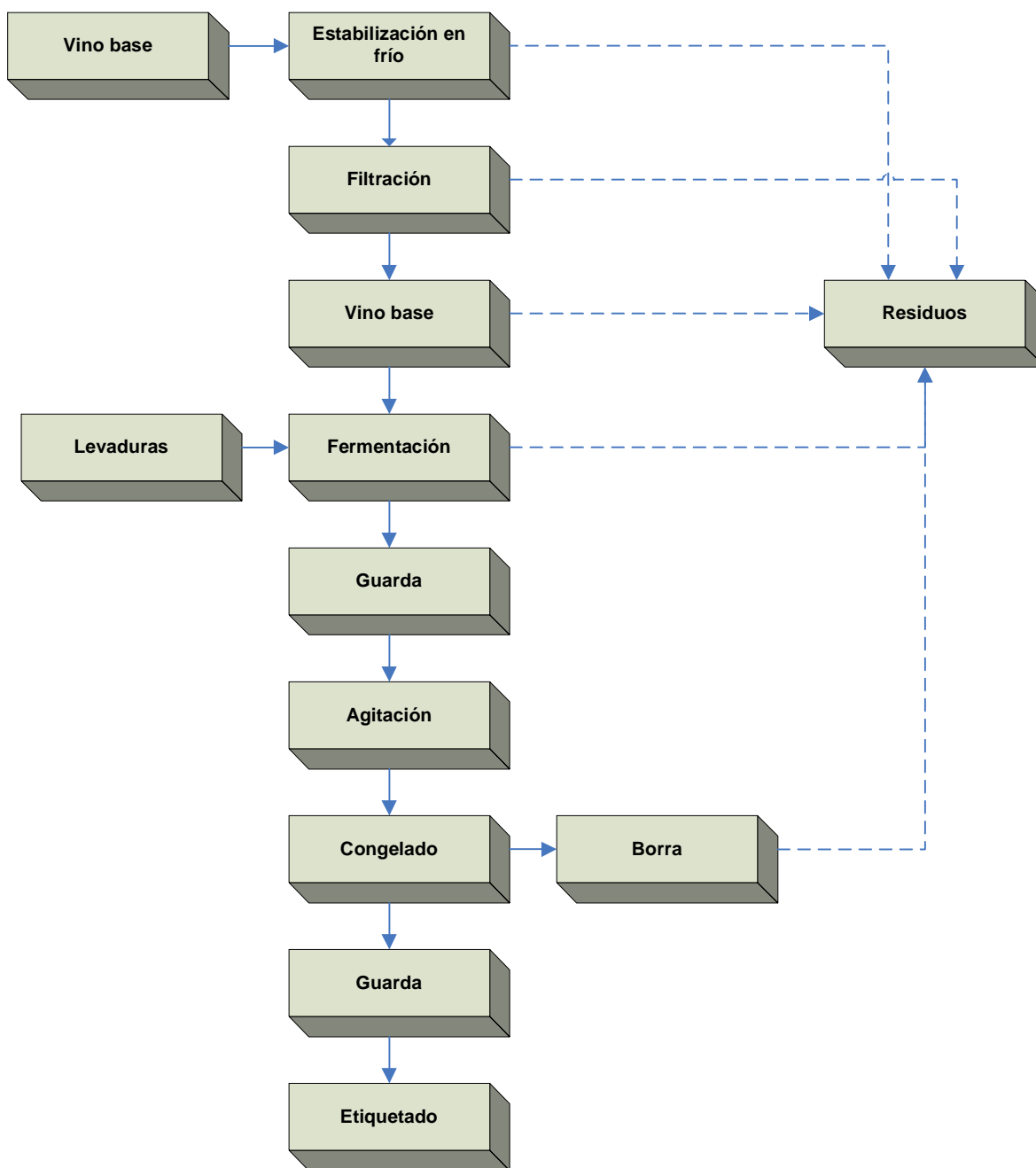


Figura 2: Diagrama de flujos del proceso de Fabricación de Vino

Descripción de las empresas

Empresa N°1

La primera empresa analizada que produce vinos, se especializa en el vino espumoso o champagne. Posee dos líneas de producción: de cava y en grandes envases. Utiliza vino base como materia prima (chardonés y semillón).

Con respecto a la utilización del agua, esta se emplea en la elaboración del vino, lavado de cubas, estanques, y botellas (por dentro y por fuera).

Para la limpieza de la maquinaria utilizan ácido peracético y agregan ácido clorhídrico al proceso para estabilizar el pH.

Empresa N°2

La segunda empresa analizada produce vinos y champagne a partir de vino base, utilizando los dos métodos descritos: tradicional y en grandes envases.

Esta empresa emplea el agua para la preparación del vino, el lavado de la maquinaria, lavado de cubas semanal y enjuague de botellas.

Empresa N°3

Empresa productora de vino a partir de vino base o semielaborado.

El agua se utiliza para la elaboración del vino, lavado de máquinas, barricas y botellas. Utilizan detergente de tipo básico (soda cáustica), para luego estabilizar el pH agregan ácido cítrico.

Cabe mencionar que las viñas utilizan agua en circuito cerrado para enfriar las máquinas. Además ellos mismos producen sus levaduras.

3.1.4. CIU 31341: Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales

La elaboración de bebidas no alcohólicas consiste en una dilución de jarabe concentrado en agua. Las empresas que pertenecen a este tipo de actividad económica solamente producen bebidas sin alcohol. De acuerdo al DS 609, a este tipo de actividad económica se le deben monitorear DBO₅, DQO y pH. Utilizan como materias primas azúcares, agua y concentrados de bebidas.

El proceso productivo se realiza mediante las siguientes etapas (13):

El agua utilizada en el proceso se obtiene principalmente de pozos y se envía a estanques de acumulación donde se clora. Desde el estanque de acumulación es enviada hasta unos filtros de arena para separar los residuos sólidos suspendidos en el agua. Luego el agua atraviesa un filtro de carbón activado, quedando retenido el cloro presente en el agua y la posible materia orgánica. A la salida del filtro de carbón activado, el agua es alimentada a un filtro de sedimentos donde se retienen los sólidos. Posteriormente, al agua se le inyecta un antiescalante y ácido, productos encargados de evitar la precipitación de sales.

La siguiente operación consiste en una hiperfiltración a nivel atómico, donde el agua se separa en dos corrientes, una de agua en buenas condiciones llamada "permeado" con un contenido de sales disueltas muy bajo, y una corriente de agua de mala calidad, llamada "rechazo", que tiene un alto contenido de sales. El rechazo va directamente al alcantarillado, y el permeado es acumulado en un estanque. El permeado, que es el agua que irá al proceso, es desinfectado mediante un sistema de radiación ultravioleta, y posteriormente filtrado.

Finalmente, con el permeado se realiza la dilución del jarabe, y se realiza en envasado.

Es necesario mencionar que en el proceso existe lo que se llama “acondicionamiento de la planta”. Este se debe a que la planta, al no funcionar los fines de semana, acumula contaminación de las tuberías, por lo que existe un volumen de agua que se descarga directamente al desagüe los días lunes, antes de comenzar el funcionamiento.

Con respecto a las botellas, antes de ser llenadas, son lavadas mediante inyección de un chorro de agua a presión. Parte de esta agua es recuperada en un recipiente que se encuentra en la máquina llenadora, y desde ahí es enviada a un estanque. El agua recuperada es alimentada a un filtro de arena, donde se eliminan iones que producen la dureza del agua (calcio y magnesio), y posibles sólidos presentes. Finalmente el filtro de arena es lavado. Toda el agua de lavado y regeneración de los equipos va al desagüe. En esta etapa se generan riles compuestos de bebida sobrenadante, que es evacuada al alcantarillado.

Es importante señalar que al iniciar la jornada de trabajo o cada vez que se cambia el sabor, la máquina llenadora es ambientada. Para ello se hacen circular alrededor de 100 litros de bebida, volumen que es descargado directamente al alcantarillado.

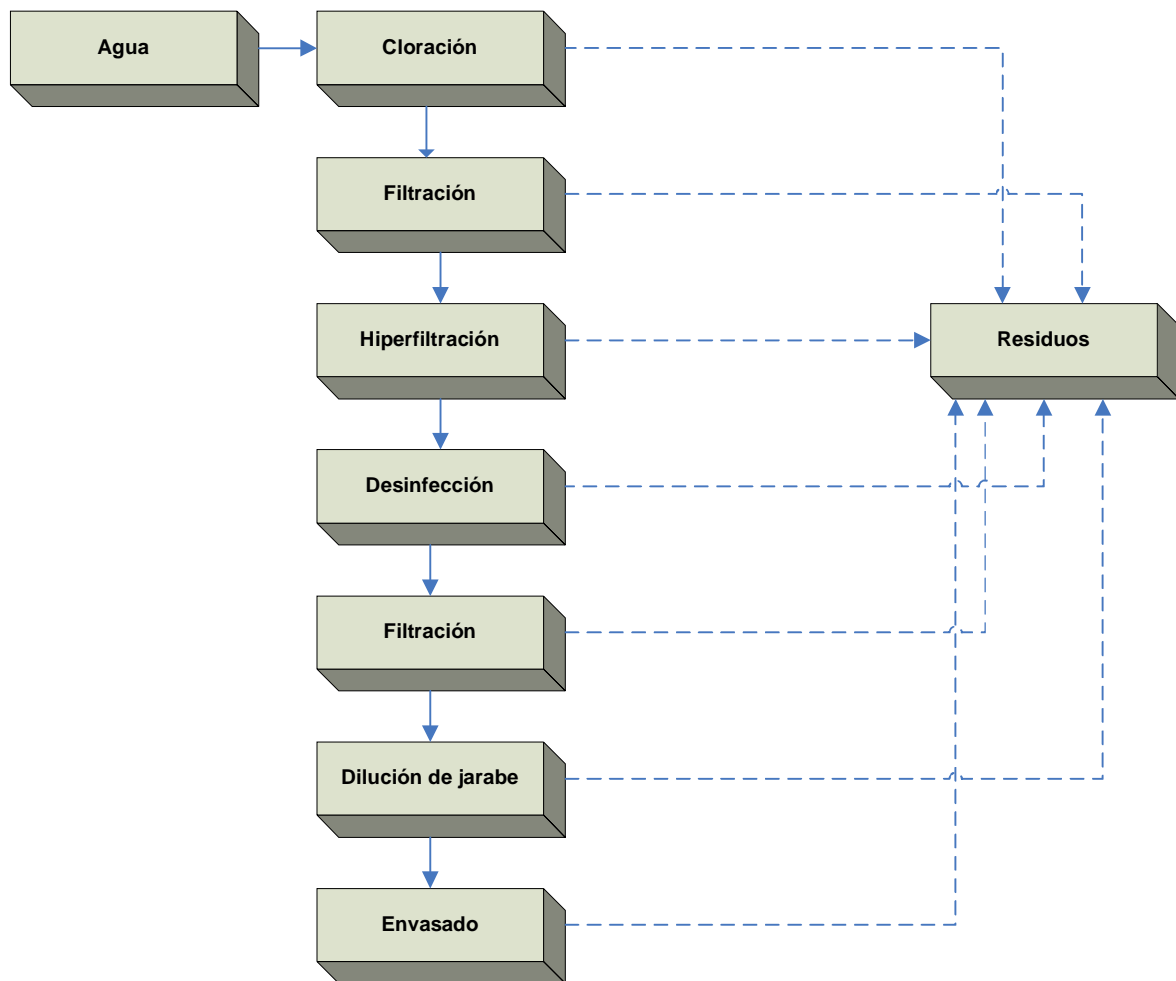


Figura 3: Diagrama de flujos del proceso de elaboración de bebidas no alcohólicas

Descripción de las empresas visitadas

Empresa N°1

La primera empresa analizada que elabora bebidas no alcohólicas realiza dilución de jarabe concentrado. Dicho jarabe es importado desde Estados Unidos.

Posee pozos propios, además de utilizar agua potable de la red. En la visita a terreno se observó que la empresa es rigurosa con respecto a la eficiencia en el uso de agua y el manejo de riles, además posee una planta propia de tratamiento de residuos. (Esta empresa se rige bajo estándares internacionales medio ambientales).

Empresa N°2

La segunda empresa analizada también elabora bebidas no alcohólicas, realizando dilución de jarabe concentrado.

Posee pozos propios, además de utilizar agua potable de la red. En la visita a terreno se observó que la empresa es rigurosa con respecto a la eficiencia en el uso de agua y el manejo de riles, además posee una planta propia, de tratamiento de residuos. (Esta empresa también se rige bajo estándares internacionales medio ambientales).

Empresa N°3

La tercera embotelladora analizada produce las llamadas “bebidas alternativas”. Se observó que es de mucho menor tamaño que las dos anteriores. También realiza dilución de jarabe.

En la visita a terreno se observaron pérdidas de agua producto de la formación de cuellos de botella en la máquina llenadora. Además se pudo constatar que existían infiltraciones de agua.

Utilizan el agua para la preparación de las bebidas, el lavado de botellas, maquinaria, mangueras y pisos en general.

3.1.5. CIU 31331: Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas

La actividad industrial “Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas” tiene asociado el CIU 31331 y se refiere principalmente a la fabricación de cerveza. La cerveza es la bebida resultante de fermentar mediante levaduras el mosto procedente de malta de cebada, tras su cocción y aromatizado con lúpulo. La malta se obtiene mediante la germinación, desecación y tostado de la cebada. En la industria cervecera se generan gran cantidad de riles, y se ocupa grandes volúmenes de agua. Los parámetros de muestreo asociados a los riles de dicha actividad son pH, T°, SS, SD, AyG, DBO5 y DQO.

El proceso de fabricación de la cerveza consiste en:

La cebada malteada se muele y se mezcla con agua, paralelamente el arroz molido también se debe mezclar con agua en un estanque a altas temperaturas, hasta cocerlo. Posteriormente se mezcla el arroz cocido con la cebada.

A continuación las cáscaras de la malta se separan mediante un filtro, obteniéndose un líquido dulce llamado mosto. El residuo sólido que queda depositado en el filtro se denomina orujo y es vendido como suplemento alimenticio para animales. El mosto se mezcla en un estanque donde se adiciona el extracto concentrado de lúpulo, que le confiere finalmente el amargor a la cerveza. El mosto se hierve durante una hora.

Luego de la cocción, el mosto se deja reposar en un recipiente. Posteriormente se enfría a la temperatura de fermentación. Al mosto frío se le adiciona levadura cervecera para realizar el proceso de fermentación alcohólica. El proceso de fermentación comprende la transformación de los azúcares presentes en el mosto en alcohol y dióxido de carbono. El dióxido de carbono es colectado mediante tuberías y llevado a una planta de recuperación de CO₂ donde es lavado, desodorizado y almacenado en estanques. El CO₂ recuperado se utiliza en distintas etapas del proceso productivo, donde se requieren atmósferas libres de oxígeno.

Una vez finalizada la fermentación, la levadura se deposita en la parte inferior del estanque fermentador. Desde ahí es trasegada a un estanque de levadura, donde se almacena por un tiempo máximo de dos días. Esta levadura se utiliza en nuevas fermentaciones, hasta un máximo de cinco veces.

La cerveza fermentada, denominada cerveza verde, proveniente del fermentador, es almacenada en un estanque de guarda durante siete días a $-1,5^{\circ}\text{C}$. En este tiempo la cerveza es clarificada y madurada. Una vez concluido el reposo, se procede a filtrar, obteniéndose un producto claro y brillante.

El envasado se realiza de acuerdo a su destino final, de tres formas: envasado de botellas retornables, no retornables, latas y barriles. A continuación se define el proceso de cada uno:

-Envasado botellas retornables: Las botellas retornables sucias son lavadas en una solución detergente de soda cáustica (1,5 – 2,0 %), y luego enjuagadas con agua fresca clorada. Después se llenan con cerveza pasteurizada, se tapan, etiquetan y codifican con la fecha de envasado. Finalmente las botellas son puestas en casilleros plásticos, paletizadas y dispuestas en bodega.

-Envasado botellas no retornables: Este tipo de botellas, al ser nuevas, se reciben en la línea de envasado. Se les realiza un enjuague con agua limpia y clorada (0,3%). Luego se llenan con cerveza, se tapan y pasteurizan. Finalmente se etiquetan y empacan.

-Envasado en latas de aluminio: Las latas son enjuagadas con agua, se llenan con cerveza, se tapan y pasteurizan.

-Llenado de barriles: Se lava el barril proveniente del punto de venta con una solución de soda caliente. Luego es enjuagado con agua caliente limpia y esterilizado con vapor saturado. Posteriormente el barril es llenado con cerveza fría previamente pasteurizada. Finalmente los barriles son etiquetados y dispuestos en bodega para su distribución (14).

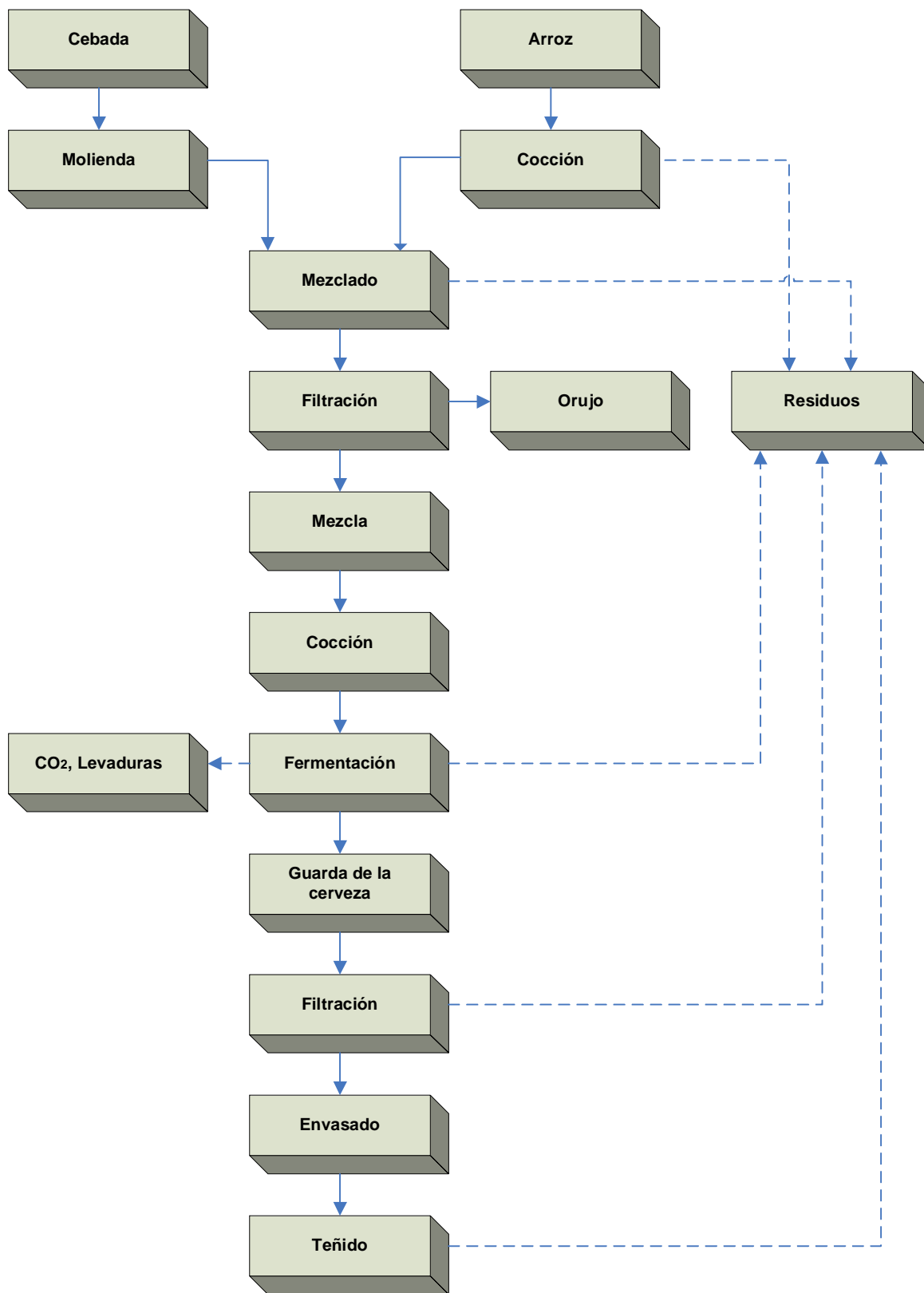


Figura 4: Diagrama de procesos de elaboración de cerveza

Descripción de la empresa visitada

Empresa N°1

La empresa elabora cerveza a partir de fermentaciones mediante levaduras del mosto procedente de malta de cebada, tras su cocción y aromatizado con lúpulo. Como materias primas utiliza malta, agua, levadura, lúpulo y otros aditivos en general. Extrae el agua de cuatro pozos y le realiza un exhaustivo tratamiento de limpieza y desinfección, dado que su composición influye fuertemente en la calidad de la cerveza.

Es una empresa de gran tamaño, que consume grandes volúmenes de agua, fundamentalmente en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones, y las operaciones de envasado. También utiliza agua en la elaboración de la cerveza. (95% del peso de la cerveza es agua). Sus riles presentan alta carga orgánica fácilmente biodegradable producto principalmente de las fermentaciones.

3.1.6. CIIU 31131: Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)

La actividad económica “Elaboración y envasado de frutas y legumbres”, cuyo CIIU es el 31131, comprende una gran variedad de empresas, tales como: elaboradoras de jugos, envasadora de frutas en conserva, seleccionadora, limpiadora, envasadora de vegetales y fruta, etc. Los parámetros de muestreo asociados a los riles de la actividad económica son pH, T°, SS, SD, AyG, DBO₅, DQO, P, NH₄⁺ y PE. A continuación se describirán tres industrias estudiadas y sus respectivos procesos productivos:

Fabricación de jugos

La producción de jugos de frutas se ha incrementado rápidamente en nuestro país debido al desarrollo de la industria a causa de las mejoras en el método de manufactura, el desarrollo de mejores equipos de procesamiento, un mejor conocimiento en la utilización de los ingredientes y una mejor calidad del jugo.

El proceso de la elaboración de jugo comienza con agua, la que es calentada y luego mezclada con azúcar. El agua azucarada es bombeada a un tanque homogenizador al cual se le agrega el concentrado de frutas. Luego la solución es pasteurizada. Una vez enfriada, el jugo es enviado a un tanque de almacenamiento temporal desde donde es bombeado a la máquina llenadora y posterior envasado (13).

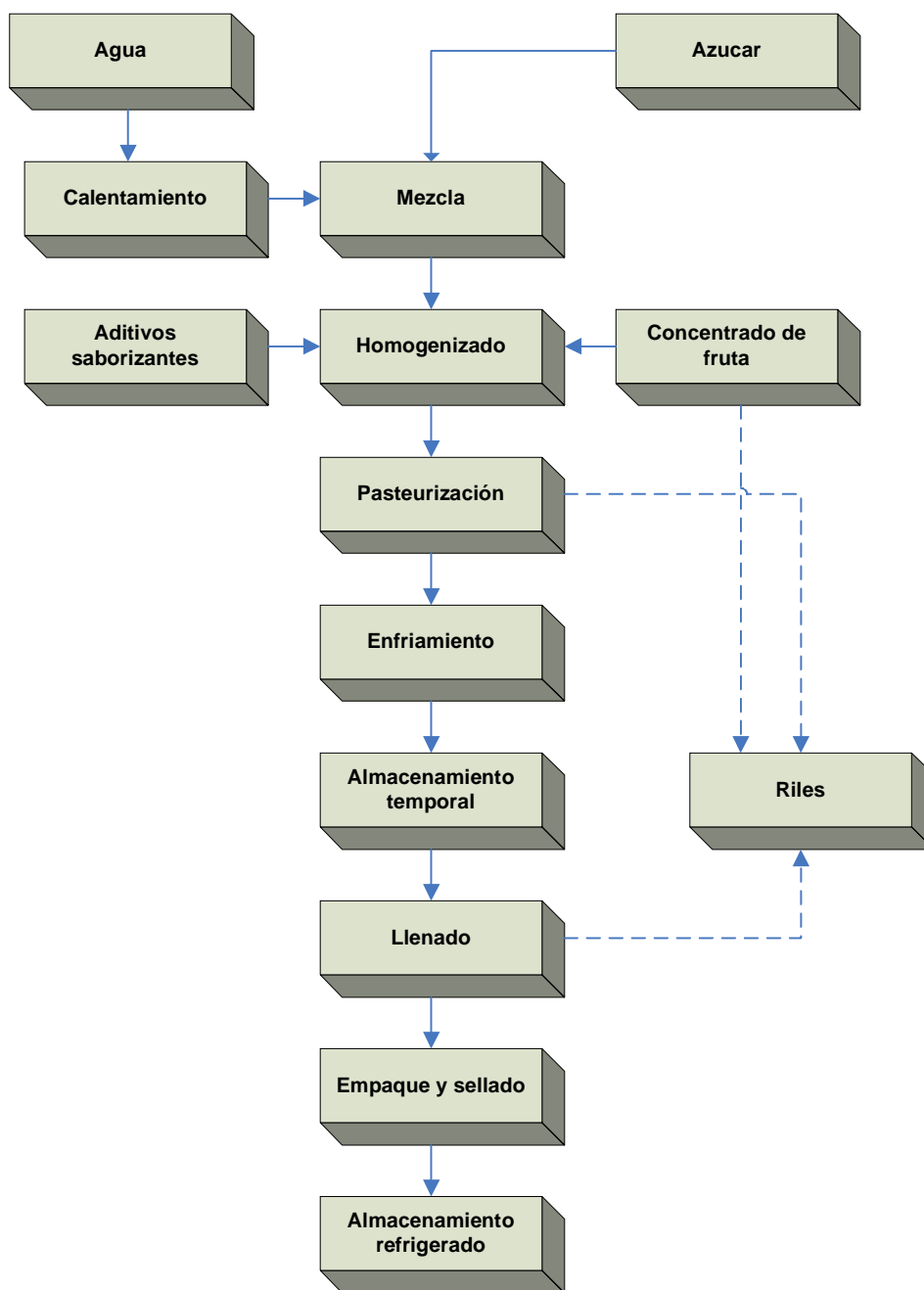


Figura 5: Diagrama de flujos del proceso de elaboración de jugos

Envasado de papas

Esta planta se dedica al lavado, selección y envasado de papas. El proceso productivo se puede resumir en las siguientes etapas:

Recepción: Las papas sucias llegan en sacos directamente desde el potrero y son almacenadas en cajas plásticas.

Lavado: El lavado de las papas se realiza en la primera parte de la máquina. Se trata de una serie de duchas en diferentes direcciones, que tienen por objetivo mojar las papas para sacar la tierra que traen. En esta etapa no se utiliza ningún tipo de aditivo.

Cepillado: Es la etapa que viene a continuación del lavado. En esta parte la máquina tiene una serie de cepillos que limpian las papas para remover todo resto de tierra que puedan tener.

Selección: Se realiza en una mesa de selección, donde se retiran todas las papas que tengan imperfecciones.

Envasado: En esta etapa las papas se envasan y sellan en mallas y son almacenadas en pallet para su despacho.

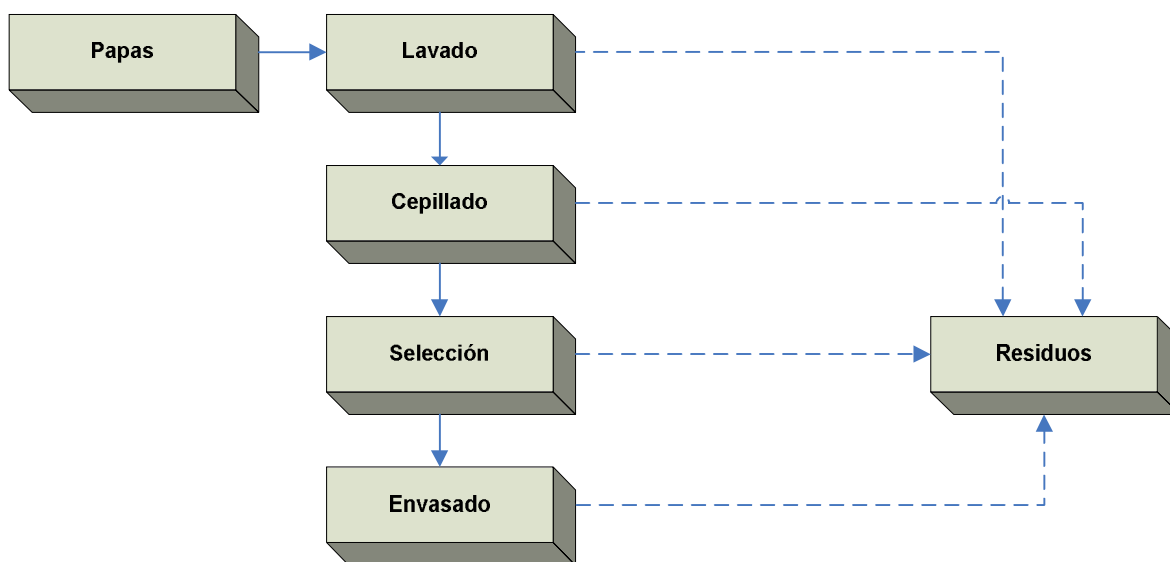


Figura 6: Diagrama de flujos del proceso de envasado de papas.

Elaboración Frutas en conserva

El proceso productivo se realiza mediante las siguientes etapas:

La fruta natural se destina a elaborar varios productos, conservas, mermeladas, pulpas y jaleas. Se puede destacar que la producción de fruta en conserva está condicionada por la estacionalidad de la materia prima, dependiendo del tipo de fruta.

La materia prima recibida es seleccionada para eliminar las “piezas” no aptas. Luego es lavada por aspersión o inmersión en agua. Tras el lavado se realiza una clasificación por tamaño, para optimizar el rendimiento de la etapa siguiente que corresponde a corte y descaroado.

En forma automática las frutas se posicionan en un equipo que, mediante cuchillas, corta al fruto en mitades, y luego en una zaranda vibratoria elimina los carozos.

Para eliminar la cáscara, las mitades son tratadas con vapor y sumergidas durante aproximadamente un minuto en hidróxido de sodio. Posteriormente las piezas ya peladas se lavan con agua para eliminar restos de hidróxido de sodio.

Previamente al envasado, se realiza una inspección visual y selección manual de la fruta. Las mitades deben ser razonablemente uniformes en tamaño y color, y sin alteraciones físicas, químicas ni biológicas.

En la mayoría de los casos, las mitades son envasadas en tarros de hojalata, luego se adiciona el jarabe y se procede a tapar el recipiente. A continuación el envase es sometido a una esterilización industrial en autoclave con vapor, a los tiempos y temperaturas que aseguran su correcta conservación.

Tras el tratamiento térmico, los envases se enfrían rápidamente y permanecen en estacionamiento para permitir la estabilización del producto. Asimismo una parte del lote es incubada durante seis días, y se observa si hay hinchazón en los tarros. Esta operación se realiza para verificar la correcta esterilización. Cumplido el estacionamiento, los lotes aptos son etiquetados y comercializados (13).

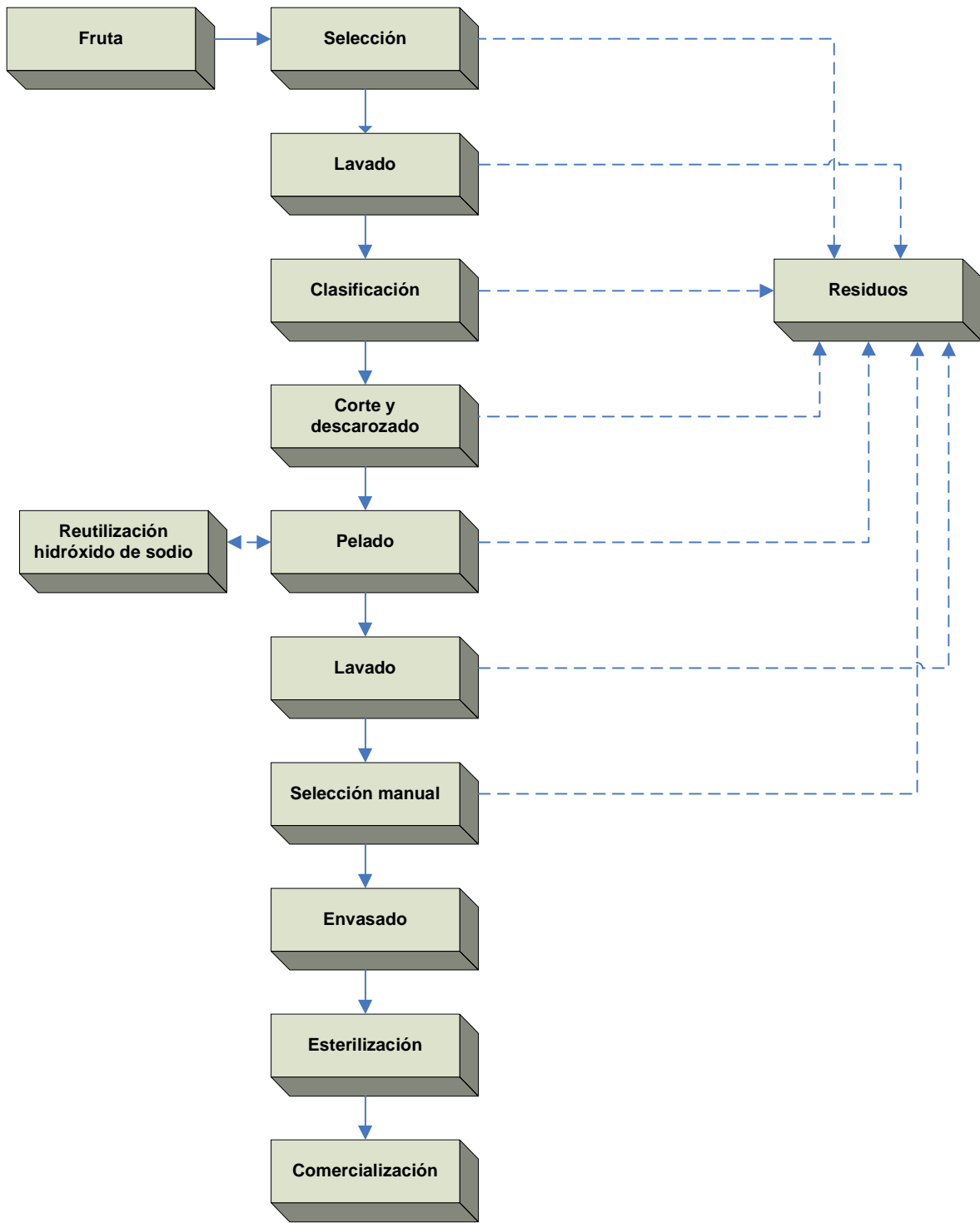


Figura 7: Diagrama de flujos del proceso de conservas de frutas.

3.1.7. CIIU 32117: Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte

La actividad industrial correspondiente al CIIU 32117 consiste en fabricar algodón comercial, utilizando como materia prima algodón virgen. El algodón es una de las fibras naturales más importantes. Procede de la india, desde donde se extendió hacia el mundo. El algodón es un arbusto tropical que da por fruto una cápsula que una vez madura, revienta y deja a la vista copos blancos compuestos de fibras de algodón adheridos a un núcleo pequeño que constituye la semilla del algodón. El algodón virgen es hidrófobo, blanco, casi insípido e inodoro. Es insoluble en los disolventes ordinarios, pero soluble en disolución de hidróxido de cobre amoniacal.

Con respecto a la normativa, cabe mencionar que de acuerdo al D.S. N°609, la actividad económica 32117 "Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte", no tiene parámetros de muestreo asociados a su actividad industrial, por tal motivo se asocian los siguientes parámetros de muestreo: pH, T°, S.S., A. Y G., H.C., DBO₅, DQO, Cd, Cu, Cr, Cr+6, Hg, Ni, Pb, Zn, P.E., SO₄⁻² y S⁻².

El proceso productivo comienza con la recepción del algodón virgen, el que se debe limpiar mecánicamente antes de iniciar su proceso, con el objeto de extraer la mayor cantidad posible de materias extrañas y suciedades que contenga tales como restos de tallo, hojas, piedrecillas etc. La materia prima se carga y prensa en un canastillo que luego se introduce en un autoclave de acero inoxidable. El proceso se realiza haciendo escurrir a presión grandes volúmenes de líquidos con temperaturas superiores a 120°C, para lo cual se utilizan calderas de vapor.

Las principales etapas del tratamiento son:

Blanqueo e hidrofiliación: Se divide en cuatro etapas principales: descrude, enjuague, blanqueo y último enjuague. El descrude tiene por objeto eliminar las materias cerosas y grasas por emulsificación y saponificación, mediante detergentes de tipo básico. Esta etapa se realiza a 120°C, ya que a esta temperatura es más fácil lograr la separación de la materia, colorantes naturales, semillas y tierra de la fibra de algodón. Luego se realiza un enjuague cuya finalidad es arrastrar impurezas, suciedades y subproductos formados en la etapa del descrude, así como de regular el pH de la solución, para proseguir con la siguiente etapa, blanqueo, que tiene por objeto lograr la pérdida total del color natural del algodón. Ésta se realiza mediante un tratamiento químico a temperatura y presión, utilizando agentes oxidantes y reductores. Finalmente se realiza un último enjuague para neutralizar la alcalinidad del algodón, utilizando ácido clorhídrico para obtener, de este modo, un algodón neutro. Cabe señalar que se adiciona un agente suavizante al algodón (15).

Centrifugado: Posterior a la etapa de tratamiento químico, el algodón se centrifuga para extraer el agua que ha absorbido, producto de su hidrofiliación.

Apertura del algodón: Para facilitar las etapas posteriores de elaboración, el algodón debe ser abierto y disgregado.

Secado: En esta etapa el algodón se seca en contacto con aire caliente a temperaturas sobre los 100°C.

Batanado: Tiene por objetivo acabar de batir y abrir suficientemente el algodón, completando la separación de impurezas y se forma un rollo.

Cardado: En esta etapa se ordenan las fibras del algodón, de modo que queden en una misma dirección. Además se extraen las impurezas que aún se hallen presentes.

Enrollado: Esta operación consiste en enrollar y prensar el algodón, obteniéndose "flautas" del tamaño y peso que se requieran.

Cortado: La flauta obtenida de las enrolladoras se corta a una determinada medida, de acuerdo al gramaje que se requiera.

Empaque: El algodón ya listo es empaquetado y posteriormente comercializado.

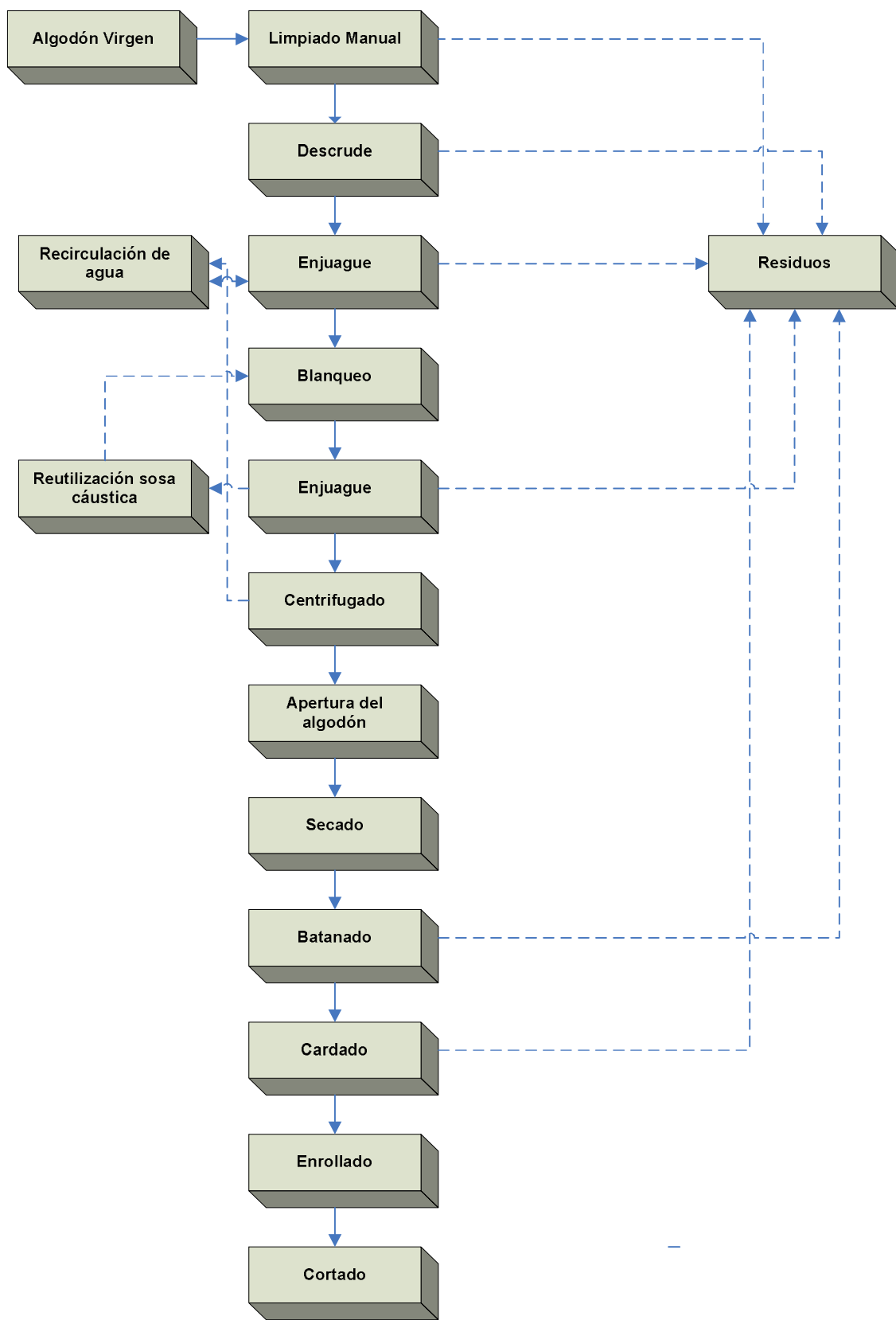


Figura 8: Diagrama de flujos del proceso de fabricación de algodón

Descripción de las empresas

Empresa N°1

La primera empresa de algodones analizada fabrica algodón hidrófilo a partir de algodón virgen importado de Argentina.

La planta opera utilizando como materia prima algodón 100% natural. El proceso consiste principalmente en tratar el algodón con agua oxigenada a altas temperaturas (120°C), para obtener un algodón blanco e hidrófilo; producto que finalmente es comercializado. Cabe mencionar además que se realiza teñido de algodón una vez al mes. Para esto, utilizan colorantes y tinturas orgánicas, además de agregar antiespumante.

Utilizan agua como medio de transporte de aditivos de tratamiento del algodón y para la limpieza en general. El lavado de la maquinaria se realiza con soda cáustica. Para controlar el pH, utilizan ácido clorhídrico. En la empresa trabajan alrededor de 30 personas y no posee casino.

Empresa N°2

La siguiente empresa analizada fabrica algodón y pañales, a partir de algodón virgen. Además posee una línea de producción que realiza hilados de lana natural.

Utiliza agua como medio de transporte de aditivos y para la limpieza en general. En el proceso utilizan agua oxigenada para blanquear el algodón, sosa cáustica para el lavado y ácido clorhídrico para regular el pH de salida. Por otro lado se puede señalar que realizan teñido, por lo que utilizan colorantes, tinturas naturales y antiespumantes.

Empresa N°3

Esta empresa fabrica cierres de cremallera, bordados industriales, etiquetas tejidas y etiquetas autoadhesivas. Utiliza como materia prima hilo de algodón, que es teñido para obtener los colores deseados de etiquetas y cierres. Utiliza tinturas orgánicas.

Utilizan el agua en el proceso de teñido y como refrigerante en circuito cerrado. Agregan pastillas para ablandar el agua.

3.1.8. CIU 32113: Tintorerías Industriales y Acabados Textiles

El proceso de elaboración de productos textiles consiste en un gran número de operaciones unitarias retroalimentadas que utilizan diversas materias primas, como algodón, lana, fibras sintéticas o mezclas de ellas.

En la literatura y en el uso común, los términos "tinte" y "pigmento" tienden a ser usados indistintamente, pero desde el punto de vista de su uso, característica igualmente asociada a la composición química, se debe asociar el término tinte a las materias colorantes usadas en los textiles, el término colorante a las usadas en alimentos y bebidas y pigmentos a los empleados en la fabricación de tintas, pinturas y cosméticos (15).

A continuación se describirá el proceso:

Blanqueo: Mediante este proceso se remueve el color indeseado de algunas fibras a efectos de prepararlas para la etapa de teñido. Algunas fibras sintéticas tienen un colorante especial con el fin de diferenciarlas de otras durante el proceso de tejido. Este colorante es eliminado a través del blanqueo.

Teñido de la tela: Esta etapa del proceso involucra gran variedad de colorantes y agentes auxiliares de teñido. Los principales factores de teñido son las fibras, el colorante y el medio que las pone en contacto, que es usualmente agua. La calidad de la tintura depende del equipamiento empleado, de la fórmula específica, de los tintes y auxiliares de tintes que proveen el medio químico para su difusión y fijación sobre la tinta.

Acabado Final: Incluye una serie de operaciones químicas y mecánicas a las que se someten los hilados y tejidos planos. Estos procesos buscan evitar el encogimiento posterior de la tela, y prolongar la fijación de la tintura.

Confección: En términos generales, la confección incluye el diseño de la prenda de vestir, la precostura, la costura y el acabo, donde se realizan los detalles finales.

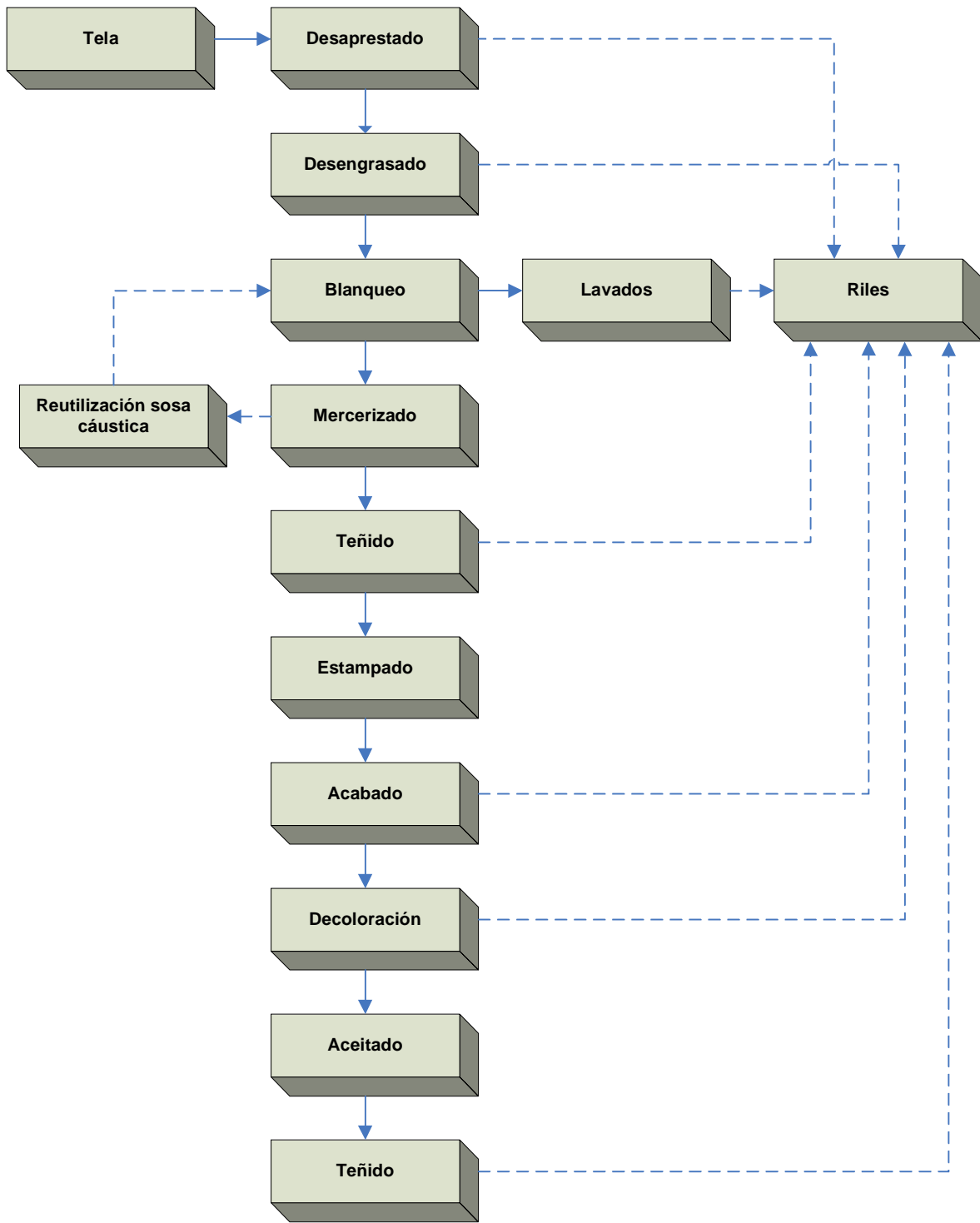


Figura 9: Diagrama de procesos tintorerías industriales

3.1.9. CIU 95201: Lavandería, lavaseco y tintorerías.

La industria del lavado constituye un servicio y no un proceso de fabricación, por lo que no existen subdivisiones. Los vertidos de las lavanderías se componen principalmente de jabones de carbonato sódico y detergentes utilizados para quitar la grasa, suciedad y almidón que poseen los trajes y ropas sucias. Además se encuentran tintes y restos de ropas en los residuos. Cabe señalar que los vertidos líquidos poseen una gran turbidez y alcalinidad.

Con respecto a las máquinas automáticas, existen algunas que utilizan agua caliente (alrededor de los 38°C) en el lavado de ropa (13).

3.1.10. CIU 32311: Curtiduría y Talleres de Acabado

El curtido es el acto de convertir las pieles de los animales en cuero. El curtido estabiliza la materia orgánica de la piel, inhibe los procesos de descomposición tanto aeróbicos como anaeróbicos obteniéndose un cuero con características de durabilidad, textura, flexibilidad y resistencia, adecuado al uso que se le pretenda dar.

La piel seca es casi en su totalidad proteína, de la que el 85% es colágeno. La piel también contiene cantidades menores de lípidos, albúminas, globulinas e hidratos de carbono. Los procesos preliminares del curtido preparan las proteínas de la piel (principalmente el colágeno), de forma que puedan eliminarse todas las impurezas indeseables, dejando el colágeno en condición de absorber el tanino del cromo utilizado en el curtido.

El proceso se inicia cuando los cueros frescos llegan a las instalaciones de la curtiembre provenientes de mataderos. Luego se realiza la etapa de curado. El curado es la deshidratación de la piel. Se realiza secándola con sal o al aire, con el fin de detener la degradación de las enzimas proteolíticas. El descarnado elimina los tejidos grasos de la piel por medios mecánicos. El lavado elimina la suciedad, las sales, la sangre, los desperdicios y las proteínas no fibrosas, y devuelve la humedad perdida durante el almacenamiento.

La eliminación del pelo o pelambre, se realiza utilizando cal y sulfuro de sodio; con la finalidad de disolver el pelo y posteriormente extraerse en las aguas residuales, lo que genera una alta carga orgánica. Esto hace que la piel sea más atractiva y facilita la eliminación de las impurezas proteínicas.

El macerado prepara la piel para el curtido reduciendo el pH, la hinchazón, peptizando las fibras y eliminando los productos de degradación de las proteínas. El macerado se realiza generalmente con sales de amonio y una mezcla de enzimas preparadas comercialmente (tripsina y quimotripsina).

El piclaje generalmente precede al curtido con cromo, y supone el tratamiento con sal y ácido para impedir la precipitación de las sales de cromo en las fibras de la piel. El desengrasado elimina la grasa natural impidiendo la formación de jabones metálicos y permitiendo que los líquidos de curtido penetren más fácilmente en la piel.

Para realizar el curtido propiamente tal existen dos posibilidades; la primera, mediante productos curtientes vegetales, específicamente taninos cuyo origen es natural y son biodegradables, pero cuya desventaja es dar como resultado pieles de menor calidad. La

segunda alternativa son los curtientes minerales, específicamente cromo trivalente requiriéndose adicionalmente elevados consumos de agua para poder realizar baños curtientes

El curtido al cromo se utiliza fundamentalmente para las pieles ligeras, mientras que el curtido vegetal es utilizado en pieles gruesas. El curtido al cromo es de menor duración y produce una piel más resistente. El curtido vegetal produce pieles más llenas, más hinchadas, más fáciles de someter a tratamiento y a embutir, que son menos afectadas por la transpiración corporal o por los cambios de humedad (16).

Se realiza una decoloración con Na_2CO_3 diluido, seguido por H_2SO_4 , para proporcionar a la piel un color más claro y más uniforme antes del teñido. El proceso de incorporar los aceites y grasas a las pieles curtidas se llama relleno o impregnación con grasa, el cual hace que las pieles sean más blancas, plegables y resistentes al desgarre. El teñido para obtener el producto final de piel coloreada se realiza con tinturas orgánicas.

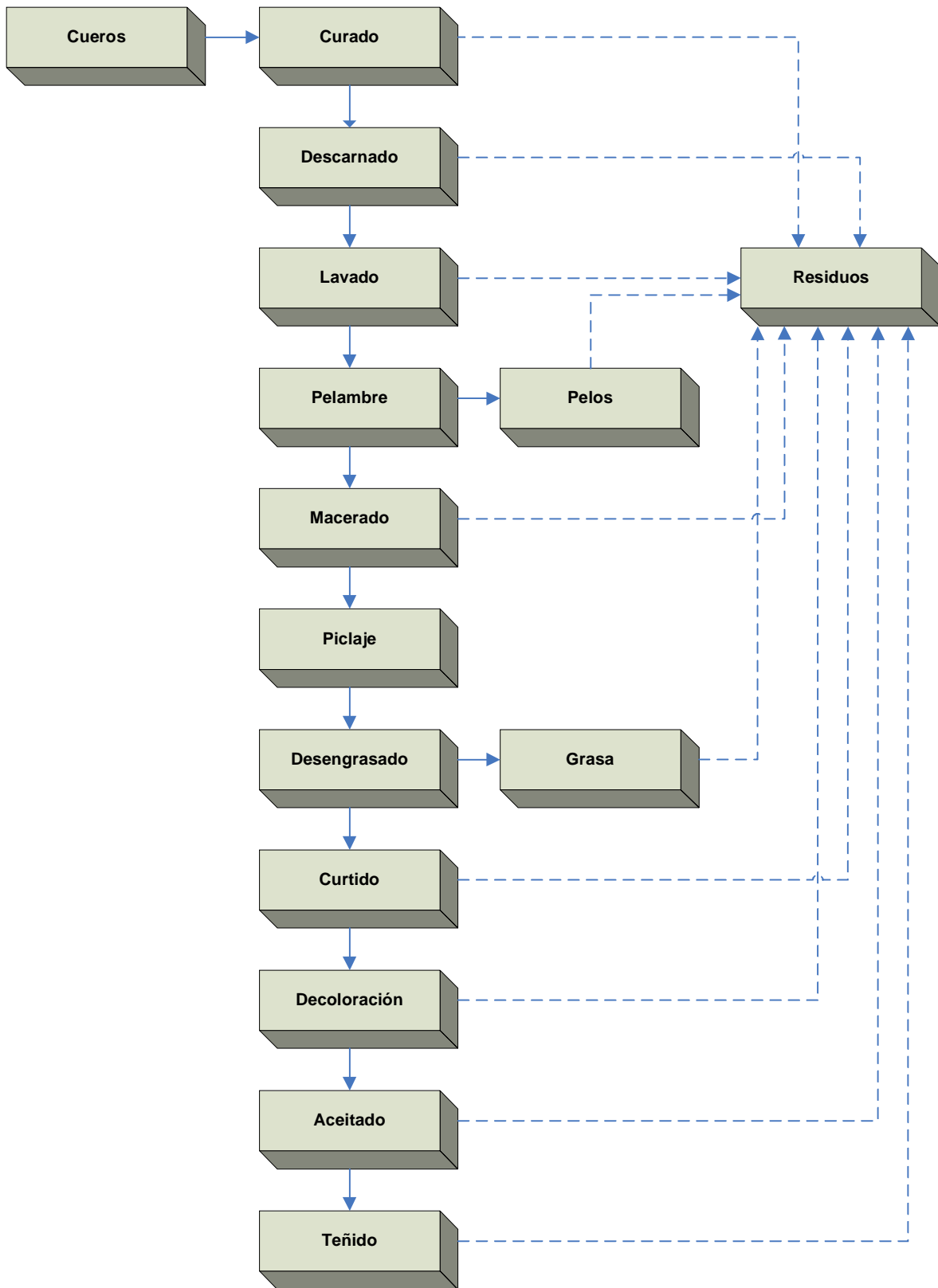


Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de curtido de pieles

3.1.11. CIU 31111: Matanza de ganado

La industria de la carne tiene tres puntos principales de producción de residuos: los corrales para el ganado, el matadero y la sección de elaborados.

Los animales se encierran en los corrales hasta que se sacrifican. El sacrificio, la preparación de las carnes y algunas elaboraciones de productos secundarios se realizan en el matadero. Los animales se inmovilizan mediante un golpe de corriente eléctrica por el cual quedan inconscientes, y luego se dejan sangrar sobre el suelo donde se efectúa el sacrificio.

Las carnes se preparan, se lavan y se cuelgan en las cámaras frigoríficas. El hígado, el corazón, los riñones, la lengua, la cabeza, etc., se envían a las cámaras frigoríficas para su congelación antes de su envío al mercado.

Se preparan las pieles, cueros, pellejos del ganado vacuno o porcino y se curan con sal y amontonan en pilas hasta que se envían a las curtiembres o a las fábricas encargadas de la elaboración de lana. Se extraen las vísceras, y junto con los huesos de la cabeza y de las patas, se envían a una planta de subproductos; otros huesos se envían a las fábricas de colas. Hay muchos mataderos que disponen del equipo necesario para transformar los despojos de las reses en sebo, grasa y fertilizantes orgánicos. Otras plantas transformadoras convierten las partes no comestibles en alimentos de tipo secundario, comprimiendo la materia para que suelte la grasa y triturando las piezas desechadas.

Con respecto al mismo rubro, están las fábricas de elaborados, que también realizan algunas de las operaciones que se llevan a cabo en los mataderos, pero se dedican principalmente a la preparación de los productos vendibles. Las carnes se preparan, limpian, lavan y congelan de la misma forma que en el matadero, pero las plantas empaquetadoras procesan y elaboran aún más piezas de la carne mediante cocción, curado, ahumado y adobado. También se incluyen entre las operaciones que se realizan en una planta empaquetadora la fabricación de salchichas, enlatado de carne, conversión de las grasas en grasa comestible y sebo no comestible (13).

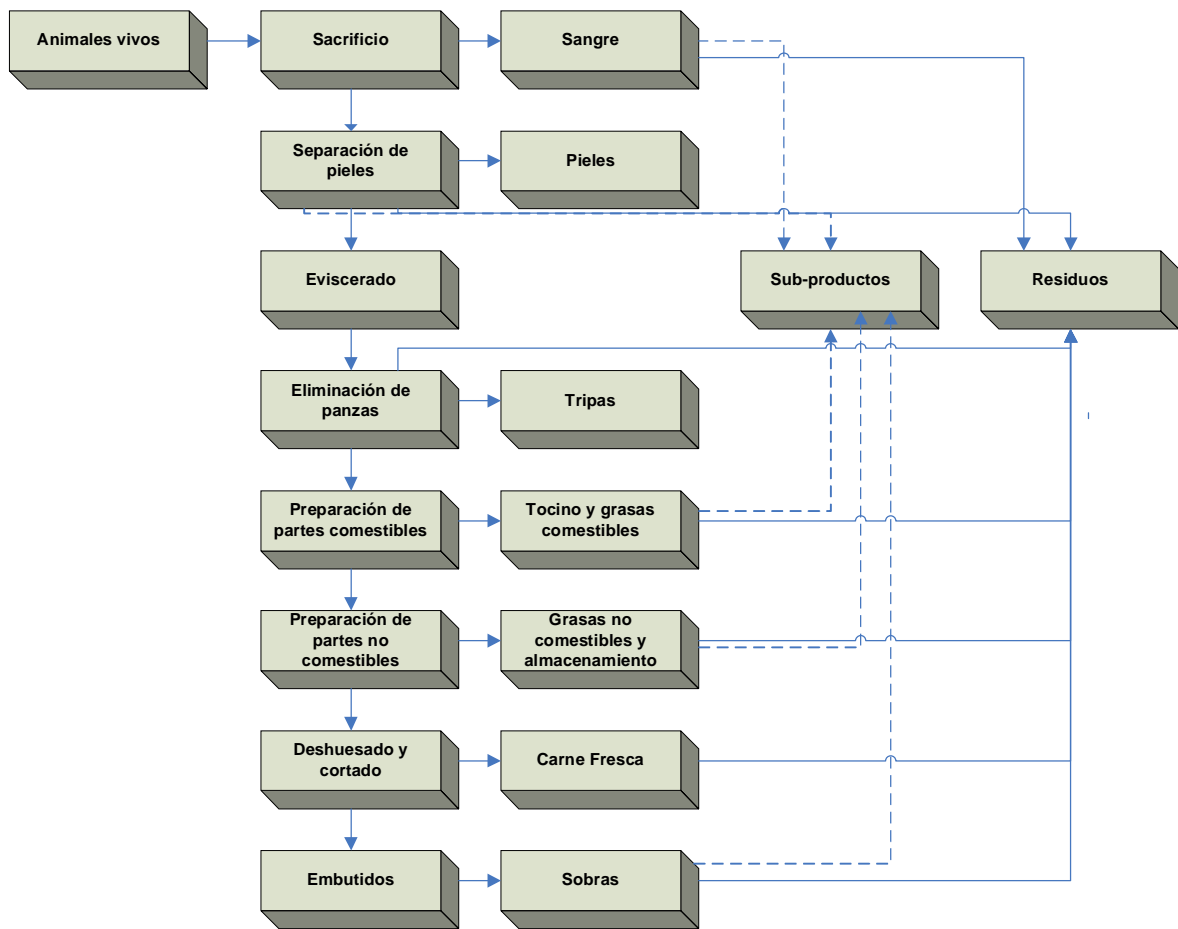


Figura 11: Diagrama de flujo de procesos de mataderos

3.2. Balance Másico de Agua

Finalmente, se realizó un balance másico de agua para cada empresa. Para poder realizarlo se contó con el consumo de agua mensual de cada empresa, obtenido a partir de la facturación por parte de Aguas Andinas. Ese consumo considera el gasto total de agua por parte de la empresa, tanto por parte de la utilización de agua de la red de agua potable, como de los pozos propios de cada empresa, de esta forma, para obtener el volumen de agua de proceso, fue necesario restar a dicho valor el agua consumida por los empleados. Se consideró que el consumo diario per cápita de un operario es de 200 [l/hab*día], y de un empleado de oficina de 50 [l/hab*día] (17).

En las visitas a terreno se obtuvo la información del número de empleados por empresa y la producción mensual. Con estos valores, se obtuvo el agua que se utiliza en la fabricación de un kilo o litro de producto. Luego, se comparó dicho consumo con el consumo eficiente sugerido por organismos especializados, en especial la EPA (18). (Ver ejemplo de cálculo en Anexos F).

4. Capítulo III: Resultados y Análisis de Resultados

4.1. Parámetros de Muestreo

4.1.1. CIIU 35601: Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte

En los procesos asociados a la actividad económica 35601, "Fabricación de productos plásticos diversos no clasificados en otra parte", se observó que el agua se utiliza exclusivamente para enfriar las máquinas, debido a que los procesos de extrusión, inyección y soplado no requieren agua para llevarse a cabo. Además no se realiza lavado de maquinaria.

Utilizan varios circuitos de refrigeración, donde se encuentra uno del tipo semiabierto, el cual cede a un foco frío grandes cantidades de energía en forma de calor. Este circuito dispone de una torre en la que la mayor parte del agua se enfría gracias a la evaporación de una pequeña parte, cediendo el sistema calor a la atmósfera que actúa de foco frío. El agua evaporada se compensa aportando al circuito idéntico volumen de agua fresca (19).

También utilizan recirculación en circuito cerrado, en este caso, el calor absorbido se extrae en un intercambiador de calor, donde no hay contacto directo con el refrigerante. El agua, que circula por una torre de enfriamiento, va por tubos para evitar incrustaciones. En este circuito se realiza un tratamiento similar al de un generador de vapor de baja presión.

En este sistema sólo se reponen pérdidas físicas del circuito con agua tratada.

De acuerdo a la información entregada, se infiere que los parámetros pertinentes que influyen en la descarga son:

T°: La temperatura del agua es el parámetro más influyente debido a que actúa como líquido refrigerante, por lo que necesariamente se ve afectada su temperatura.

pH : El pH del agua varía debido a que se agrega ácido al proceso (generalmente sulfúrico) para reducir alcalinidad y disminuir la probabilidad de formación de sales de calcio.

SS: El agua utilizada para enfriamiento se ve sometida a calentamiento, por lo que tiene mayor tendencia a formar incrustaciones. Además, debido a que el vapor de agua no arrastra consigo las sales disueltas, éstas se van acumulando en el circuito, pudiendo provocar grandes corrosiones y/o precipitaciones.

SD: Debido a la acumulación de sales que tienen la propiedad de sedimentar, se produce obstrucción de tuberías y/o disminución de la eficiencia del sistema.

DBO₅: Dada la materia orgánica presente en el proceso y la presencia de microorganismos que favorecen la corrosión, absorben o desprenden oxígeno, incentivan las reacciones catódicas y forman depósitos.

DQO: Debido a la oxidación química de constituyentes orgánicos presentes.

HC: Dado que la actividad económica utiliza hidrocarburos como materia prima.

SO₄⁻: En el proceso se agrega ácido sulfúrico para equilibrar el pH y evitar la formación de sales de calcio.

4.1.2. CIIU 35591: Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte

En lo que respecta a residuos líquidos de la “Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte”, éstos corresponden a aquellos que provienen principalmente de los compuestos del caucho, del lavado de estanques contenedores de carbonato de calcio, nitrato de calcio, látex propiamente tal y tinturas (20).

Los parámetros encontrados en dicha actividad son:

T°: La vulcanización se debe realizar a altas temperaturas (entre 180 y 260°C).

SS: Debido a la utilización de sales. Éstas tienden a acumularse en la lixiviación, provocando incrustaciones.

pH: El látex en su estado natural es una suspensión muy alcalina de caucho.

DBO₅: En la etapa de lixiviación se obtiene gran cantidad de materia orgánica. Además, en el proceso se trabaja con tinturas orgánicas que generan mayor carga.

DQO: Dado que se trabajan con tinturas y disolventes, se tiene la presencia de variados agentes reductores de materia orgánica e inorgánica.

HC: Debido a que utiliza látex como materia prima

SD: La acumulación de sales y tinturas puede generar sedimentos que provocan obstrucción de tuberías.

NH₄⁺: Al proceso se agrega amoníaco, que actúa como estabilizador del látex.

P: Debido a que utilizan tinturas naturales para teñir los globos, deben utilizar detergentes especializados para limpiar los estanques cuando se realiza cambio de color.

SO₄⁻: Dado que el látex posee pH alcalino, se debe agregar ácido sulfúrico al proceso para regular el pH.

4.1.3. CIIU 31321: Fabricación de Vinos

Para comenzar el análisis de la actividad industrial asociada al CIIU 31321, es necesario señalar que el proceso de fabricación de vinos analizado no contempla la primera parte, que es siembra y cosecha de la uva. Esto se debe a que se estudiaron las vitivinícolas que se encuentran en la región metropolitana, las cuales utilizan vino base como materia prima.

De acuerdo a la forma en que se desarrolla el proceso, se encuentra que el agua residual se compone de restos de la producción de vino, borra y orujos. Además, dado que las vitivinícolas trabajan con levaduras para realizar fermentación, las aguas residuales se

componen del nutriente agotado, que es la principal causa de la materia orgánica observada (21).

Con respecto a los sólidos suspendidos totales, éstos se encuentran casi por completo disueltos y en forma coloidal. Tanto los residuos solubles como los insolubles son principalmente orgánicos, consistiendo en componentes del vino y las uvas, tales como ácidos orgánicos, azúcares, alcohol y compuestos orgánicos con alto contenido de nitrógeno, proveniente de las pérdidas de producto (22).

Cabe señalar que también se obtienen residuos sólidos, debido principalmente a las operaciones de filtrado. Estos residuos son mayoritariamente inorgánicos.

De acuerdo a lo anterior, los parámetros pertinentes a la actividad son:

DBO₅: En las fermentaciones que se realizan se obtiene gran cantidad de material orgánico. Además el vino de las pérdidas, el rebalse, el quiebre de botellas y el lavado aumentan los niveles de carga orgánica.

DQO: Debido a que en el proceso se encuentra gran cantidad de agentes reductores de materia orgánica.

SS: En las operaciones de filtración se obtiene una alta concentración de sólidos. El descube, prensado y manipulación de las borras aportan gran cantidad de sólidos suspendidos al sistema.

SD: En la etapa de descube y prensado, después de la fermentación, se obtiene gran cantidad de sólidos sedimentables. Así mismo, en el lavado de las cubas y barricas también se obtienen sólidos.

pH: El pH varía debido a las pérdidas de producto. El vino tiene un pH ácido. Además el empleo de detergentes y sanitizantes también hace variar el pH.

T°: La temperatura del agua del sistema se ve afectada, debido a que la fermentación se debe llevar a cabo a una temperatura específica. Además el agua también es utilizada como refrigerante.

NH₄⁺: Las fermentaciones generan residuos amoniacales ya que los nutrientes agotados de las levaduras contienen altas concentraciones de nitrógeno amoniacal.

P: Se deben realizar limpiezas periódicas a las bombas, estanques de fermentación, tanques de conservación, filtros, y toda la maquinaria, donde se ocupa gran cantidad de detergentes. El nutriente agotado de las levaduras también contiene fósforo (23).

PE: En las operaciones de trasiego se genera gran cantidad de espuma, debido principalmente a los detergentes utilizados.

4.1.4. CIU 31341: Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales

Los residuos en la industria de elaboración de bebidas se generan principalmente en las etapas de lavado de recipientes y mangueras que contienen el jarabe. El jarabe (materia prima de la bebida), es recepcionado y descargado mediante una manguera, que lo conduce hacia un

estanque. A los estanques destinados a almacenamiento se les realizan acondicionamiento, produciéndose una descarga de azúcar que se encuentra en la cañería y fondo del estanque. En la manipulación del jarabe se genera un residuo de sacarosa y fructuosa, que es descargado al alcantarillado.

Con respecto al proceso de llenado, existe un sensor que mide el nivel de llenado de las botellas y latas, el cual señala cuando la botella o lata está llena, derramando el líquido sobrenadante, el que cae en una canaleta donde se mezcla con el líquido lubricante y el detergente de las cintas transportadoras (24).

Adicionalmente cada día la máquina se deja llena con agua con cloro, ril que es evacuado al comienzo del siguiente turno de trabajo.

Es importante señalar que al iniciar la jornada de trabajo o cada vez que se cambia el sabor, la máquina llenadora es ambientada. Para ello se hacen circular alrededor de 100 litros de bebida, volumen que es descargado directamente al alcantarillado.

Los parámetros pertinentes a dicha actividad son:

DBO₅: En las etapas de trasiego de azúcar a los estanques mezcladores, se obtienen remanentes y descarte, que van directo al alcantarillado. Además cuando se realiza lavado de los equipos, también se obtienen alta carga orgánica. Cabe señalar que existen derrames por control de llenado y ambientación de las máquinas, con alto contenido de materia orgánica.

SS: En las operaciones de filtrado y lavado de los mismos que se realizan en el proceso, se obtienen alta carga de sólidos suspendidos. Se puede mencionar que existen filtros de arena y de carbón activado.

SD: Los residuos del jarabe concentrado tienden a sedimentar.

DQO: Se realiza una limpieza minuciosa de todos los equipos con agentes químicos especializados, que aportan agentes reductores de materia orgánica.

pH: El pH varía debido a las pérdidas de producto. El jarabe tiene un pH 4, lo que confiere características ácidas al proceso.

T°: Debido a que se realizan operaciones de esterilización a altas temperaturas.

PE: En el trasiego del jarabe, llenado de botellas y utilización de detergentes se genera espuma.

P: Debido a que utilizan gran cantidades de detergentes.

4.1.5. CIU 31331: Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas

En la industria cervecera se produce un gran volumen de aguas residuales, especialmente en las operaciones de limpieza y envasado. El vertido de aguas residuales puede representar el 65-80% del total de agua consumida. Estas aguas residuales presentan carga orgánica elevada (fácilmente biodegradable), sólidos en suspensión, vertidos puntuales de limpieza y vaciado de la máquina lavadora de botellas, con pH fuertemente alcalino.

Los residuos provienen en su mayoría de las máquinas lavadoras de botellas, del lavado de cubas de fermentación, de los filtros y de las descargas de las máquinas.

Los parámetros seleccionados son los siguientes:

DBO₅: Se obtiene elevada cantidad de materia orgánica debido al proceso de fermentación, específicamente en la separación de las levaduras, de la cerveza residual y la limpieza de las máquinas.

DQO: Este parámetro debe ser considerado debido a la fermentación y al proceso de envasado principalmente. Las botellas retornables se lavan con un baño de sosa. El residuo sólido obtenido contiene agentes reductores de materia orgánica.

SS: En el proceso se obtienen sólidos suspendidos en todas las etapas, tales como lavado de máquinas, cubas y filtros. Los sólidos están casi por completo disueltos y en forma coloidal.

SD: Los sólidos obtenidos principalmente en la etapa de filtrado tienden a precipitar.

pH: La descarga de las industrias cerveceras presenta un carácter alcalino, debido a la presencia de residuos de sustancias empleadas para la limpieza de la maquinaria y producto del lavado de las botellas.

T°: Hay varios procesos que se realizan a altas temperaturas, lo que afecta la T° del efluente.

PE: En las operaciones de trasiego se genera gran cantidad de espuma, debido a los detergentes utilizados.

NH₄⁺: El nitrógeno amoniacal se encuentra presente en el licor agotado de la fermentación y en la malta.

P: Debido a los agentes de limpieza utilizados (detergentes).

SO₄⁻: Debido a que las descargas de las industrias cerveceras son de tipo alcalino, se debe agregar ácido sulfúrico al proceso para estabilizar el pH.

4.1.6. CIU 31131: Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)

El volumen y características de las aguas residuales varía considerablemente de una fábrica a otra, y dentro de la misma fábrica, de un día a otro. La industria conservera es una industria de temporada y, por lo tanto, los vertidos de una fábrica varían durante el año.

Los vertidos de estas fábricas son principalmente orgánicos y proceden de las operaciones de limpieza, extracción del jugo, calentamiento preliminar y pasteurización de las materias primas (25). Suelen consistir en agua de lavado, sólidos de las operaciones de pelar, quitar los cuescos, derrames de las máquinas de llenado, agua de lavado de suelos, mesas, paredes, cintas transportadoras, etc.

Los parámetros considerados son:

DBO₅: Debido a la extracción de jugo, al rebalse (en el llenado), pérdidas de producto y lavado de equipos, se obtiene alta carga orgánica. También existe ambientación de las máquinas, cuya descarga va directamente al alcantarillado.

SS: En las operaciones de clasificación, lavado, pelado, troceado y quitado de cuescos de la fruta se generan residuos sólidos que van directo al alcantarillado.

SD: Dado que se encuentran sólidos en suspensión provenientes de restos secundarios de la fruta (tallos, basura, cuescos) que sedimentan con el transcurso del tiempo.

DQO: Se debe realizar limpieza de gran cantidad de equipos, con agentes químicos reductores de materia orgánica.

pH: Varía debido a que se utilizan agentes químicos, tales como lejía o sosa cáustica para el pelado de la fruta principalmente.

T°: Hay varios procesos que se realizan a altas temperaturas, lo que puede afectar la T° de la descarga.

PE: Dadas las operaciones de trasiego y detergentes utilizados para la limpieza se genera mucha espuma.

P: Restos de fruta en descomposición y detergentes contienen fósforo que es descargado al alcantarillado finalmente.

NH₄⁺: algunos residuos de fruta putrefactos contienen nitrógeno amoniacal.

4.1.7. CIU 32117: Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte

Los residuos de la fabricación de algodón son generalmente muy alcalinos, con elevada DBO₅, muchos sólidos en suspensión y a temperatura elevada.

El algodón es una fibra vegetal muy económica que contiene celulosa principalmente, por lo que antes de usar la fibra, es necesario eliminar constituyentes no celulósicos y contaminantes.

Dado que el algodón se hierve en soluciones fuertemente alcalinas compuestas de hidróxido de sodio, sus residuos son de carácter alcalino. Este proceso elimina las pectinas que contiene el algodón (26). El proceso continúa con el blanqueo con soluciones de cloruro de calcio u otras preparaciones que contienen cloro, para después pasar por un tratamiento de ácidos diluidos. Finalmente se realizan enjuagues con abundante agua. De acuerdo a lo señalado, los parámetros pertinentes de muestreo son:

DBO₅: Los principales contaminantes generados en la fabricación de algodón son almidones, glucosa, ceras y pectinas, los que provienen del mismo algodón.

SS: Debido a las operaciones de lavado, se tienden a acumular fibras y restos de algodón.

SD: Se utilizan tintes que suelen sedimentar, además de las pelusas de algodón que tienden a acumularse.

DQO: Debido a la naturaleza del proceso, se utiliza una gran cantidad de agentes químicos especializados, que oxidan la carga orgánica.

pH: Varía debido a que se utilizan grandes cantidades de hidróxido de sodio en el proceso.

T°: El blanqueo se realiza a altas temperaturas, lo que eleva la temperatura de todo el proceso (Alrededor de los 120°C).

HC: El algodón posee pectinas que son liberadas al efluente, producto del tratamiento alcalino. Las pectinas son polisacáridos presentes en la pared celular de la fibra.

SO₄²⁻: Debido a las materias primas utilizadas, se eliminan sulfatos. Además se utiliza ácido sulfúrico para estabilizar el pH del proceso.

S⁻: Los efluentes de la manufactura de algodón suelen contener sulfitos, a causa de las materias primas utilizadas.

AyG: Se utilizan aceites para dar flexibilidad a las fibras y capacitarlas para deslizarse suavemente unas sobre otras.

NH₄⁺: El algodón posee muchas proteínas que pueden fermentar al ser removidas, lo que da como residuo nitrógeno amoniacal.

PE: Se genera mucha espuma en el proceso producto que se trabaja con grandes volúmenes de agua y detergente.

P: Se utilizan detergentes que contienen tripolifosfato de sodio.

4.1.8. CIU 32113: Tintorerías Industriales y Acabados Textiles

En las fábricas de telas, el tejido fibroso se convierte en tela a través del abatanado de soluciones alcalinas débiles. En este proceso se eliminan las hilachas y las hebras sueltas mediante procesos mecánicos para luego ser arrastradas por el agua de enjuague. Antes del abatanado se remueven las sustancias extrañas tales como partículas de madera, paja, hebras, etc.

En la planta de teñido primero se lavan los materiales con soluciones jabonosas o agentes humectantes para que así la tintura penetre más fácilmente y en forma pareja. Esto genera aguas con residuos de las soluciones de lavado y aguas de enjuague. Además, generalmente realizan decolorado o blanqueo del material para obtener tonalidades tenues.

Los parámetros encontrados son los siguientes:

DBO₅: El residuo del lavado de las tintorerías contiene cargas orgánicas significativas provenientes de las materias primas utilizadas (colorantes, agentes emulsionantes, solventes, etc.)

DQO: Debido a reactivos utilizados. Las fibras sintéticas están formadas por agentes químicos puros que actúan como agentes reductores de materia orgánica.

SS: Los residuos de tela, pelusas, impurezas extraídas de las fibras y los productos químicos empleados en el proceso aumentan la cantidad de sólidos suspendidos totales.

SD: Debido a restos de tintura, tela, algodón y reactivos utilizados, los cuales sedimentan.

pH: Se adicionan sales para la fijación del tinte en la tela, lo que hace variar el pH del proceso.

T°: Debido a procesos que se realizan a las telas, que se realizan a altas temperaturas.

SO₄⁺: En el proceso se agregan sulfatos como materia prima, para dar las características adecuadas a las telas.

AyG: Se utilizan lubricantes para dar flexibilidad a las fibras textiles. Al final de la operación, estos aceites son eliminados directamente al alcantarillado.

PE: Debido a que realizan trasvasados y utilizan detergentes que generan mucha espuma.

NH₄⁺: Las telas de algodón ya algunos reactivos utilizados poseen proteínas que pueden fermentar, lo que da como residuo nitrógeno amoniacal.

S⁻: Se utilizan sulfuros como materias primas.

P: Se utilizan detergentes que contienen tripolifosfato de sodio.

HC: En el proceso utilizan lubricantes de telas para dar suavidad a éstas.

4.1.9. CIU 95201: Lavandería, lavaseco y tintorerías.

Los vertimientos de lavanderías se componen de jabones, carbonato de sodio y detergentes utilizados para quitar la grasa, suciedad y almidón que posee la ropa sucia. Poseen gran turbidez, alcalinidad, grandes cantidades de jabón, grasa, suciedad, tinturas, restos de ropa y alta carga orgánica.

Los parámetros pertinentes a dicha actividad económica son:

pH: El pH suele verse afectado debido a la utilización de detergentes alcalinos en los lavados.

T°: Algunos lavados se realizan a altas temperaturas para lograr una mejor remoción de contaminantes.

DBO₅: Los residuos líquidos contienen cargas orgánicas significativas producto de los lavados realizados, de las tinturas que se utilizan, de los solventes, emulsionantes y agentes tensoactivos que se utilizan en el proceso.

DQO: Producto de los reactivos que se utilizan, existen agentes químicos reductores de materia orgánica.

SS: Los restos de tela, pelusas, hilachas, tintura y suciedad en general generan sólidos suspendidos totales.

SD: Debido a la presencia de restos de tintura y reactivos químicos que tienen la capacidad de sedimentar.

AyG: La ropa sucia desprende aceites o grasas en los procesos de desengrasado en autoclaves.

PE: A causa de la espuma generada por los detergentes.

P: Se utilizan detergentes que contienen tripolifosfato de sodio.

4.1.10. CIU 32311: Curtiduría y talleres de acabado

Los desechos de curtiembres contienen materiales que incluyen entre otros pelo, pedazos de piel, carne, sangre, estiércol, sales, sal común, sales de cromo y gran cantidad de sulfuros.

Los parámetros que se consideran pertinentes a la actividad industrial son:

DBO₅: La carga contaminante tiene origen en la suciedad adherida a las pieles, los componentes constitutivos del cuero propiamente tales como proteínas, mucoproteínas de la sangre y líquido linfático y el pelo que es un compuesto de queratina.

DQO: En las operaciones de curtición propiamente tal, tintura y engrase contribuyen con la carga de DQO. Los productos tensoactivos utilizados como humectantes y agentes de limpieza de cueros.

SS: Las pieles de los animales poseen gran cantidad de contaminantes que se desprenden en el agua residual.

SD: Debido a restos de tintura, residuos contenidos en los pelos y los pelos propiamente tal.

pH: La alcalinidad propia del baño de pelambre es un elemento de contaminación que afecta el pH del proceso.

T°: Debido a los procesos que se realizan a altas temperaturas.

SO₄⁺: Se utiliza sulfato de sodio como materia prima y ácido sulfúrico para estabilizar el pH.

S⁻: Los sulfuros son utilizados como materia prima en el proceso para la destrucción del pelo o pelambre. Es altamente tóxico en medio acuoso. Por si solo es responsable del 76% de la toxicidad total del efluente.

AyG: Se encuentran en cantidades abundantes como tejido adiposo adherido al lado de la carne del cuero.

PE: Debido a que realizan trasvasados y utilizan detergentes que generan espuma.

Cr: Dado que realizan operaciones de piquelado y curtición donde se utiliza como materia prima.

Cr⁺⁶: Debido a las operaciones de piquelado y curtición, donde es utilizado como materia prima.

NH₄⁺: Su principal fuente es el sulfato de amonio usado durante el desencalado. También es frecuente la presencia de nitrógeno amoniacal en las fermentaciones anaeróbicas de proteínas. Además en los pelambres se forma amoniaco debido a la desamidación de la glutamina y asparagina presente en la estructura del colágeno.

4.1.11. CIIU 3111: Matanza de ganado

Los vertidos de los mataderos se producen principalmente en la zona donde se realizan los sacrificios de los animales, se desangra y se guarda la carne. En esta etapa se producen desperdicios color pardo rojizo, con una alta carga orgánica y con grandes cantidades de materia en suspensión. La sangre contiene una gran cantidad de nitrógeno, por lo que se descompone con facilidad. Además los residuos contienen restos de pelo, tierra, sangre y carne.

DBO₅: La suciedad que contiene la piel de los animales, el guano adherido al pelo, los residuos de sangre y carne contribuyen con la carga orgánica.

DQO: Debido a reactivos inorgánicos que se utilizan y que degradan la materia orgánica.

SS: En los mataderos, los animales a sacrificar se mantienen en los establos, los cuales al ser limpiados dan como resultado sustancias residuales sólidas.

SD: Antes de ser sacrificados, los animales deben ser bañados para retirarles el polvo y los excrementos. Además, el lavado de establos también contribuye con sólidos sedimentables.

pH: En el lavado de vísceras resultan aguas de desecho contaminadas con residuos de detergente, excrementos y mucosas intestinales que pueden hacer variar el pH.

T°: Debido a cocción de subproductos y lavados a altas temperaturas.

AyG: En el lavado de la carne e intestinos se obtiene gran cantidad de agua de desecho con grasa. Además, una vez desangrado, al animal se coloca en agua caliente durante 4 a 6 minutos a una temperatura aproximada de 60°C. Como resultado se obtiene agua caliente con pelos, tierra y grasa.

PE: Debido a que realizan trasvasados de sangre además de la utilización de detergentes que generan mucha espuma.

NH₄⁺: En los procesos de lavado que se realizan se obtienen restos de sangre, la que contiene nitrógeno amoniacal.

P: En los procesos de lavado que se realizan se obtienen restos de sangre, la que contiene fósforo. Además, debido a que se utilizan detergentes fosforados.

4.2. Balance Másico de Agua

A continuación se presenta la tabla con los resultados obtenidos del balance másico de agua (27). Se presenta el agua utilizada por cada empresa en su proceso, el consumo eficiente encontrado en la bibliografía y la desviación del consumo eficiente. Con respecto a la desviación del consumo eficiente, existe una columna que señala el sobre consumo, para las empresas que no utilizan el agua de manera eficiente, y la otra de bajo consumo, para aquellas que utilizan menos agua que el señalado como eficiente.

Tabla 3: Balance másico de Agua

Actividad Económica	Empresa	Agua Utilizada	Consumo Eficiente	Desviación del Consumo Eficiente	
				Sobre consumo	Bajo consumo
Fabricación Plásticos		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg plástico}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg plástico}} \right]$	[%]	
	Nº1	3	0,29 ^[1]	903	
	Nº2	1,56	0,26 ^[1]	502	
	Nº3	1	0,14 ^[1]	621	
Fabricación Caucho		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg caucho}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg caucho}} \right]$	[%]	
	Nº1	1	0,16 ^[2]	530	
Fabricación Vinos		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l vino}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l vino}} \right]$	[%]	
	Nº1	4,87	2,25 ^[3]	117	
	Nº2	4,03	2,25 ^[3]	79	
	Nº3	4,78	2,25 ^[3]	113	
Elaboración Bebidas no Alcohólicas		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l bebida}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l bebida}} \right]$	[%]	
	Nº1	1,9	2,7 ^[4]		
	Nº2	1,6	2,7 ^[4]		
	Nº3	3	2,7 ^[4]	11	
Elaboración Cerveza		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l cerveza}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{l cerveza}} \right]$	[%]	
	Nº1	5	9 ^[5]		

Elaboración y envasado de Frutas y Jugos		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg producto}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg producto}} \right]$	[%]
	Nº1	1,5	18 ^[6]	
	Nº2	28	18 ^[6]	58
	Nº3	61	18 ^[6]	239
Fabricación Algodón		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg algodón}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg algodón}} \right]$	[%]
	Nº1	27	18 ^[7]	
	Nº2	24	180 ^[7]	
	Nº3	47	180 ^[7]	
Tintorerías		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg tela}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg tela}} \right]$	[%]
	Nº1	168	50 ^[8]	235
	Nº2	425	50 ^[8]	750
	Nº3	71	50 ^[8]	41
Lavanderías		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg ropa}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg ropa}} \right]$	[%]
	Nº1	20	33,3 ^[9]	
	Nº2	13	33,3 ^[9]	
Curtiduría		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg cuero}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg cuero}} \right]$	[%]
	Nº1	24	25 ^[10]	
	Nº2	18	25 ^[10]	
Matanza de Ganado		$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg carne}} \right]$	$\left[\frac{\text{l agua}}{\text{kg carne}} \right]$	[%]
	Nº1	7	4 ^[11]	84
	Nº2	6	4 ^[11]	45

1.- Valor obtenido de las especificaciones de las máquinas de extrusión, soplado e inyección

2.-Valor obtenido de las especificaciones de las máquinas manufactureras de caucho

3, 4.- U.S. Environmental protection agency 2000

5, 6, 7,8 .-Metcalf & Eddy,(1996) "Ingeniería de las aguas residuales", tercera edición.

9, 10 y 11.- Nemerow Nelson y Dasgupta Avijit. (1998) "Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos"

De acuerdo a la tabla presentada anteriormente se observa que un 55% de las actividades económicas analizadas utiliza el agua ineficientemente, al ser comparado su consumo por unidad de producto, con respecto al que señalan organismos especializados en eficiencia de agua.

La actividad económica “Fabricación de productos de plástico” presenta los mayores porcentajes de sobre consumo y se debe a que dicha actividad utiliza el agua como refrigerante, es decir, el agua enfría las máquinas, y una vez utilizada, va directo al alcantarillado, sin ser recirculada, por lo que ocupan grandes volúmenes de agua mensual.

Algo similar ocurre con la “Fabricación de productos de caucho”, con la diferencia que en esta actividad el agua se utiliza como medio de transporte del caucho, además de ocuparse como disolvente de las tinturas y para el lavado en general.

Los altos valores de sobre consumo que presenta la “Fabricación de Vinos” se debe a que es una industria que produce grandes volúmenes de vino al año, por lo que necesariamente deben utilizar gran cantidad agua en su proceso. De acuerdo a lo observado en las visitas a terreno, la mayoría de las empresas de este rubro no tienen implementado estudios de ingeniería que les permitan ser eficientes en la utilización de agua.

La utilización de agua en las industrias que pertenecen a la actividad “Elaboración de bebidas” se divide en dos grandes tipos: las extranjeras, que cumplen con estándares internacionales y utilizan el agua eficientemente, y las de tipo nacional que elaboran las llamadas “bebidas de fantasía”, las cuales no utilizan de manera eficiente dicho recurso.

En la “Elaboración y envasado de frutas y verduras, incluido jugos” es un caso muy particular debido a que presenta una variada gama de empresas pertenecientes a dicha actividad, tales como las que realizan lavado de verduras, fabricación de frutas en conserva y elaboración de jugos. Las dos primeras utilizan el agua de forma ineficiente, ocupando grandes volúmenes de agua mensual, en cambio la tercera no. Se recomienda incluir la “fabricación de jugos” a la actividad “Elaboración de bebidas”:

Las “Tintorerías Industriales”, generan grandes problemas de contaminación al país, además de tener elevados valores de sobre consumo de agua.

La actividad industrial “Matadero” presenta valores de sobre consumo bajos, por lo que se cree que al implementar medidas de producción limpia y un mayor control en el proceso, alcanzarían fácilmente los valores eficientes.

5. Capítulo IV: Discusiones

5.1. Parámetros Pertinentes

Fabricación de Plásticos

En la actividad industrial “Fabricación de productos plásticos diversos clasificados en otra parte” el agua se utiliza exclusivamente para el enfriamiento de la maquinaria, debido a que los procesos de extrusión, inyección y soplado no requieren agua para llevarse a cabo. Además no se realiza lavado de máquinas, pues debido a la naturaleza del proceso, el producto de plástico sale sin dejar residuos que deban desprenderse con agua.

Con respecto a los parámetros de muestreo, se consideró eliminar el muestreo de los parámetros S^- y CN^- , ya que no se emplean materias primas que contengan especies sulfuradas o con CN^- . Los parámetros NH_4^+ , AyG, PE y P se aplican solo a empresas que posean casino.

Fabricación productos de caucho

Las empresas que pertenecen a la actividad industrial “Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte” utilizan agua, principalmente para realizar lavados, ya sea de la maquinaria, de los estanques contenedores de pintura, de pisos y en especial, en el lavado del caucho propiamente tal. El caucho natural posee varias sustancias contaminantes que pueden llegar a ser tóxicas, por este motivo, se deben realizar varios lavados o lixiviaciones que desprendan dichos contaminantes. Finalmente estos contaminantes van directo al alcantarillado. En este caso, existe un parámetro que no es pertinente a la actividad industrial, el CN^- , el cual no se utiliza como materia prima, ni se genera en el proceso. En su reemplazo debe monitorearse el SO_4^- , debido a que se agrega ácido sulfúrico al proceso para estabilizar el pH.

Fabricación de vino

La actividad industrial “Fabricación de Vino” genera un gran volumen de residuos líquidos, principalmente en las actividades de limpieza, tales como, lavado de cubas de fermentación alcohólica, de filtros, de barricas, de la máquina embotelladora y del aseo en general. Los riles de industrias vitivinícolas se caracterizan por su alto contenido orgánico, el cual deriva de los azúcares, ácidos, fructuosas, alcohol y compuestos orgánicos con alto contenido de nitrógeno provenientes de las pérdidas de producto, mosto y orujo, además, los residuos de las fermentaciones poseen nitrógeno amoniacal. Por esta razón se incluye el parámetro NH_4^+ . También se incluye fósforo al monitoreo, debido a que dicha actividad genera muchos residuos y para su limpieza se utilizan grandes cantidades de detergentes, que utilizan como aditivos fósforo.

Elaboración de bebidas

En las industrias que realizan “Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales y embotellado de aguas naturales y minerales”, se generan residuos debido principalmente al lavado de los recipientes, mangueras y camiones que contienen el jarabe concentrado, lo que genera riles con alto contenido de sacarosa y fructuosa que se descargan al alcantarillado.

Además, se realiza “ambientación de las máquinas”, que equivale a hacer circular cierto volumen de bebida que va directamente al alcantarillado.

Con respecto a los parámetros de monitoreo, se debe eliminar aceites y grasas, debido a que dichas sustancias no se presentan en el proceso, y reemplazarlo por fósforo, dado que utilizan grandes cantidades de detergente, que contienen tripolifosfato de sodio.

Elaboración de cerveza

El vertido de aguas residuales de “Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas” presenta carga orgánica elevada (fácilmente biodegradable), sólidos en suspensión de los filtros, vertidos puntuales de limpieza de cubas principalmente y vaciado de la máquina lavadora de botellas con pH fuertemente alcalino.

Con respecto a las modificaciones en los parámetros de muestreo, al proceso se agrega ácido sulfúrico, por lo que se debe monitorear SO_4^- ya que no se encuentra considerado. También se debe eliminar AyG debido a que no se encuentra presente en el proceso.

Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)

En la actividad “Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluido jugos)”, el volumen y características de las aguas residuales varía considerablemente de una fábrica a otra, y dentro de la misma fábrica, de un día a otro.

Los vertidos de estas fábricas son principalmente orgánicos y proceden de las operaciones de limpieza, extracción del jugo, calentamiento preliminar y pasteurización de las materias primas. Suelen consistir en agua de lavado, sólidos de las operaciones de pelar, quitar los cuescos, derrames de las máquinas de llenado, agua de lavado de suelos, mesas, paredes, cintas transportadoras, etc.

En esta actividad se debe quitar el parámetro AyG debido a que no se presenta ni como materia prima ni como producto del proceso.

Fabricación de algodón

Los residuos de las industrias que comercializan algodón, es decir, que pertenecen a la actividad “Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte” poseen alta carga orgánica ya que la fibra de algodón contiene celulosa, la que es eliminada en el agua residual. Además, los riles son fuertemente alcalinos debido al tratamiento que se realiza para convertir el algodón de hidrófobo a hidrófilo. También poseen altas temperaturas debido a que el tratamiento se realiza sobre los 100°C.

En este caso, se deben dejar de monitorear los siguientes parámetros: Hg, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu, Cr^{+6} . La razón se debe a que antiguamente se utilizaban tinturas inorgánicas, por lo que se debían medir dichos metales. Actualmente se utilizan solo tinturas orgánicas, por lo que dichos parámetros no son pertinentes.

Tintorerías Industriales

Los residuos de “Tintorerías Industriales y Acabados Textiles”, son generalmente coloreados, debido a la utilización de tinturas en el proceso, presentan un pH muy alcalino, con elevada DBO_5 , muchos sólidos en suspensión debido a las hilachas y hebras desprendidas en

el proceso, y poseen temperaturas muy elevadas. Además como utilizan detergentes, aceites minerales, soluciones emulsionantes, solventes suavizantes, engomantes y espumantes como materias primas, también se observan dichas sustancias en los riles.

Al igual que en la actividad anterior, se deben dejar de monitorear los siguientes parámetros: Hg, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu, Cr⁺⁶ debido a que antiguamente se utilizaban tinturas inorgánicas, por lo que se debían medir dichos metales. Actualmente se utilizan solo tinturas orgánicas, por lo que dichos parámetros no son pertinentes.

Lavanderías

En la actividad industrial “Lavandería, lavaseco y tintorerías” se obtienen residuos de jabones, sosa cáustica y detergentes utilizados para quitar la grasa y suciedad de la ropa. Son turbios, alcalinos, contienen grasa, suciedad, tinturas y restos de ropa principalmente. No existen diferencias en cuanto a los parámetros de muestreo

Curtidurías

Los vertidos de la industria del cuero, presentan gran cantidad de proteínas, y en menor cantidad lípidos, albúminas, globulinas e hidratos de carbono. Contienen suciedad, sales, sangre, desperdicios y gran cantidad de compuestos químicos utilizados como reactivos. Los parámetros pertinentes son los mismos señalados por la SISS.

Matadero

Los vertidos de los mataderos se producen principalmente en el suelo, donde se realiza el sacrificio de los animales, luego en el proceso de descuartizar el cuerpo y preparar las distintas clases de piezas, en las operaciones de fundido de las partes no comestibles, en el almacén de las pieles, en la cámara frigorífica y finalmente en el lavado.

Con respecto a la sangre, cabe señalar que es una fuente muy rica en proteínas por lo que resulta económicamente conveniente y lógico recuperarla. Las plantas más pequeñas que no realizan ningún proceso con los productos secundarios, suelen dejar que la sangre pase a los colectores. Los materiales de los interiores son una fuente de problemas de contaminación si se arrojan al alcantarillado ya que elevan los niveles de concentración de sólidos a tal punto que los métodos de funcionamiento del sistema de tratamiento de vertidos se ven afectados perdiendo eficacia. Los parámetros de muestreo coinciden con los que señala la SISS.

5.2. Balance Másico de Agua

Fabricación de plástico

En la actividad “Fabricación de productos de plástico diversos clasificados en otra parte” sucede que algunas de las empresas visitadas, no cuentan con reciclos de enfriamiento de agua, por lo que el agua empleada como líquido refrigerante, solo es utilizada una vez y posteriormente descargada a la red de alcantarillado. Como consecuencia de esto, se observa un gran consumo de agua potable en forma ineficiente. Las tres empresas analizadas consumen volúmenes de agua muy superiores al valor eficiente, destacando la empresa N°1 que no realiza recirculación, por lo que su desviación del consumo eficiente es superior al 500% en todos los casos analizados.

Fabricación de productos de caucho

La segunda actividad económica, “Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte” también utiliza una cantidad de agua muy superior al consumo eficiente, desviándose de éste en un 530%. Las empresas de dicha actividad realizan lavados de látex, donde utilizan mucha agua. En estos lavados el agua se utiliza una vez y luego va al alcantarillado, lo que explica el elevado consumo.

Fabricación de vinos

Las empresas que pertenecen a “Fabricación de vinos” presentan un consumo de agua que excede al consumo eficiente en alrededor de un 100%. El agua se utiliza principalmente en el lavado de estanques de fermentación y lavado de botellas. Al revisar las concentraciones de DBO₅ y SS, se observan valores muy bajos en comparación con otras actividades, lo que hace suponer que realizan diluciones.

Elaboración de bebidas

En las industrias de “Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales y embotellado de aguas naturales y minerales” las empresas utilizan enormes cantidades de agua, debido a que diluyen el jarabe, lavan botellas, limpian la maquinaria en general, las tuberías etc. Se pudo constatar que aún así, utilizan una cantidad eficiente de agua, hasta alrededor de un 30% menos del consumo eficiente. Una de las razones se debe a que cumplen con estándares internacionales de descarga, por lo que utilizan circuitos de recirculación y aplican medidas para mantener el consumo dentro de ciertos parámetros.

Elaboración de cerveza

En la actividad “Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas” ocurre que la empresa analizada utiliza agua en forma eficiente.

Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos)

En lo que se refiere a la utilización de agua, se observa que existe una marcada diferencia de una industria a otra. Así por ejemplo, las industrias productoras de jugos utilizan el agua eficientemente con cantidades similares a las que fabrican bebidas no alcohólicas. Al contrario de lo que sucede con las que realizan lavado y conservas de frutas y verduras que exceden el valor del consumo eficiente en un valor superior al 100% en promedio.

Se puede inferir que las empresas que fabrican jugos deben estar clasificadas junto a las que fabrican bebidas no alcohólicas, dado los resultados obtenidos con respecto al consumo de agua.

Es importante señalar que al revisar las concentraciones de DBO₅ y SS, se observan valores muy bajos en comparación con otras actividades, lo que hace suponer que realizan diluciones.

Fabricación de algodón y lavanderías

En cuanto a la utilización de agua en las empresas de la actividad económica “Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte”, es decir, que fabrican algodón, y “Lavanderías, lavaseco y tintorerías”, se ha verificado que utilizan el agua

eficientemente, a pesar de que el proceso requiere de grandes volúmenes de agua. La razón es que realizan limpieza y recirculación de agua.

La cantidad de agua empleada en los procesos textiles varía en forma considerable dependiendo del proceso específico y del equipamiento utilizado por la planta. El consumo eficiente se considera en los 50 [l agua/ kg tela]. Ninguna de las empresas analizadas cumple con el consumo eficiente, superando en un amplio rango dicho valor. La explicación se debe a que la mayoría no reutiliza agua a pesar del consumo elevado que poseen. Además existen algunas tintorerías que realizan más de un enjuague a la tela, lo que aumenta el consumo.

Tintorerías

La industria textil demanda alto consumo de agua y en consecuencia genera un volumen importante de riles. Se observa que superan el consumo eficiente en alrededor de un 300%. Dicho valor se explica debido a que realizan varios lavados por batch, y el agua utilizada en los enjuague no se recircula. Además, se observó que al revisar las concentraciones de DBO₅ y SS, se obtienen valores muy bajos en comparación con mediciones realizadas en años anteriores, y con otras actividades, lo que hace suponer que realizan diluciones.

Curtidurías

Las “Curtidurías y talleres de acabado” cumplen con el consumo eficiente, debido a que la mayoría posee plantas de tratamiento de agua propias, lo que les permite recircular el agua.

Matadero

Con respecto a la actividad “Matanza de ganado”, se comprobó que consumen elevados volúmenes de agua. En las visitas a terreno se constató que las etapas del proceso generan mucha contaminación debido a que la sangre salpica y ensucia con facilidad, por lo que es necesaria la utilización de mucha agua para limpiar.

6. Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

Los parámetros pertinentes a cada actividad son:

- CIIU 35601: “Fabricación de productos plásticos diversos”, en este caso se retira CN⁻ y S⁼, obteniéndose los siguientes parámetros:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, HC, SO₄⁼

- CIIU 35591: “Fabricación de productos de caucho no clasificados en otra parte”, en este caso se retira CN⁻ y se agrega SO₄⁼, obteniéndose los siguientes parámetros:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, HC, SO₄⁼, P, NH₄⁺

- CIIU 31321: “Fabricación de Vinos”, se incluyen P y NH₄⁺, por lo tanto los parámetros pertinentes son:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, PE, P, NH₄⁺

- CIIU 31341: “Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales”, se elimina AyG, quedando:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, PE, P

- CIIU 31331: “Fabricación de malta, cerveza y bebidas malteadas” se elimina AyG y se agrega SO₄⁼:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, P, PE, SO₄⁼, NH₄⁺

- CIIU 31131: Elaboración y envasado de frutas y legumbres (incluidos jugos), se elimina AyG, obteniéndose:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, P, PE, NH₄⁺

- CIIU 32117: “Fabricación de otros productos textiles, no clasificados en otra parte” se eliminan los parámetros Hg, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu y Cr⁺⁶, quedando:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, HC, AyG, P, PE, SO₄⁼, S⁼, NH₄⁺

- CIIU 32113: Tintorerías industriales y acabados textiles, se eliminan Hg, Ni, Pb, Zn, Cd, Cr, Cu y Cr⁺⁶, quedando:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, HC, AyG, P, PE, SO₄⁼, S⁼, NH₄⁺

- CIIU 95201: Lavanderías, lavaseco y tintorerías, no se alteran los parámetros:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, AyG, P, PE.

- CIIU 32311 Curtiduría y talleres de acabado, no se alteran los parámetros:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, AyG, PE, SO₄⁼, S⁼, NH₄⁺, Cr, Cr⁺⁶

- CIIU 31111 Matanza de ganado no se alteran los parámetros:

T°, pH, DBO₅, DQO, SS, SD, AyG, P, PE, NH₄⁺

Se pudo comprobar entre los parámetros actualmente vigentes la realización de muestreos de variables que no están contenidos en las materias primas, no se generan en el proceso y por lo tanto no están presentes en los residuos líquidos de algunas actividades industriales.

Un 42% del universo de empresas catastradas por Aguas Andinas deberá modificar los parámetros de muestreo, ya sea quitando o agregando parámetros. Esto se traduce en una revisión de al menos 500 empresas pertenecientes a las 11 actividades económicas analizadas, lo que permitirá realizar una adecuada clasificación de las empresas de acuerdo al proceso que realizan (28).

Es necesario que la Superintendencia de Servicios Sanitarios realice una revisión y actualización de los parámetros de muestreo vigentes asociados a la CIIU, para tener los parámetros pertinentes a cada proceso.

Se deben actualizar los parámetros de muestreo de la actividad económica “Tintorerías industriales y acabados textiles” debido a que en el CIIU al que pertenecen, considera que utilizan tinturas inorgánicas, en vez de tinturas orgánicas, las cuales son empleadas hoy en día.

Las visitas a las empresas sirvieron para conocer la realidad de las industrias en Chile. Se concluye que existe bastante ignorancia por parte de lo industriales con respecto a los procesos que realizan y la generación de riles. Por este motivo es necesario mayor difusión de la información y normativa ambiental, por parte de los entes fiscalizadores, y a su vez, mayor interés por parte de los industriales.

Con respecto al balance másico de agua, se observó que el 55% de las actividades económicas analizadas utiliza ineficientemente el agua, de acuerdo al consumo por unidad de producción, sugerido por entes especializados. Se recomienda utilizar los consumos eficientes utilizados internacionalmente, implementando medidas de reutilización, racionalización y optimización de consumo de agua. De lo contrario, nuestro país podría ser acusado de dumping ambiental, debido a que las normas son poco severas o bien a que no se fiscaliza de forma rigurosa.

Existen industrias mal clasificadas, de acuerdo al proceso productivo que realizan y la cantidad de agua que consumen.

Se puede concluir mediante la comparación de balances de agua de proceso de cada una de las industrias visitadas, con respecto al uso eficiente recomendado por los entes especializados, que las siguientes actividades económicas pueden estar realizando dilución de sus cargas contaminantes, al ser descargadas a las redes de alcantarillado: “Fabricación de Vino”, “Elaboración y envasado de Frutas y Legumbres (incluidos Jugos)” y “Tintorerías Industriales y acabados Textiles”, y deben ser controlados más minuciosamente.

7. Capítulo VI: Bibliografía

- (1) www.gloobal.net/iepala/gloobal. Página web revista “Gloobal Hoy”, 3 Enero 2009.
- (2) Kurcharz Tom, (2007) “Guía de recursos sobre medio ambiente”, Instituto de Estudios Públicos para América Latina y África, España, 239pp.
- (3) Ministerio de Obras Públicas (1998) “Manual de Aplicación Decreto Supremo 609” Chile.
- (4) Metcalf and Eddy, Inc.(1995) “Ingeniería de las Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y Reutilización”, Mcgraw Hill, USA,1550 pp.
- (5) Ministerio de Obras Públicas (1998) “Decreto Supremo 609”. Decreto Norma, Chile.
- (6) Ministerio de Obras Públicas (1996) “Decreto Supremo 90” Decreto Norma, Chile.
- (7) www.ine.cl. Página web Instituto Nacional de Estadísticas, 15 Enero 2009.
- (8) Naciones Unidas (2008) “International Standard Industrial Classification of All Economic Activities” Revision 4, Nueva York, 307pp.
- (9) EPA “Guidelines for Water Reuse” U.S. Environmental Protection Agency, USA, 478 pp.
- (10) www.epa.gov/wastes/conservation/materials/plastics. Página web Environmental Protection Agency, Febrero 2009.
- (11) www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/notebooks/rubber. Página web Environmental Protection Agency, Febrero 2009.
- (12) EPA. “Guidelines for Wineries and Distilleries”. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, 2004.
- (13) Nemerow Nelson y Dasgupta Avijit. (1998) “Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos”. Editorial Díaz de Santos, España, Volumen I, 848pp.
- (14) AINA (1996) “Mejores Técnicas Disponibles en el Sector Cervecerero”, Instituto Tecnológico Agroalimentario, España, 119pp.
- (15) EPA (1999) “Pollution Control in Textile Mills”, Department of Pollution Control, USA, 75pp.
- (16) CONAMA (1999) “Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial en Curtiembres”. Santiago.
- (17) EPA (1998) “Water Efficiency manual”, Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance of Water Resources, USA, 129pp.
- (18) EPA (1994) “Water Efficiency Guide for Business Managers and Facility Engineers”, Department of Water Resources, USA, 134 pp.

- (19) Lawrence K. Wang and Donald B. Aulenbach. (1990) "Hazardous Industrial Waste Treatment", New York
- (20) EPA. "Waste Minimization Issues and Options". U.S. Environmental Protection Agency: Washington, DC, 1986; 530-SW-86-04.
- (21) Owen P. and Ward (1991) "Biotecnología de la Fermentación: Principios, procesos y productos", Acribia, Zaragoza, 320pp.
- (22) AIDIS, (2006) "Producción Limpia en la Industria Vitivinícola", Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental", Uruguay, 8pp.
- (23) IA (2006) "Residuos Industriales Líquidos Vinícolas". Ingeniería Alemana, Curicó, Chile, 51pp.
- (24) Nicholas P. Cheremisinoff, "Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies", Butterworth Heinemann, USA,654pp.
- (25) CCU "Informe de Sustentabilidad CCU 2007".
- (26) EPA (1996) "Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry", Environmental Protection Agency, USA, 443pp.
- (27) Jay H. Lehr and Jack Keeley, (2005) "Domestic, Municipal, and Industrial Water Supply and Waste Disposal", John Wiley & Sons, 966pp.
- (28) SISS (1999) "Diagnóstico Nacional de Descargas y de los Sistemas de Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos", Superintendencia de Servicios Sanitarios, Santiago, Chile, 49pp.

8. Anexos

A. Parámetros Característicos Aguas Servidas

Tabla 4: Caracterización de aguas servidas domésticas correspondientes a 100 habitantes

Parámetros	Valor característico	Carga contaminante equivalente a 100 Hab/día
Aceites y Grasas	60 (mg/l)	960 (g/día)
Arsénico	0,05 (mg/l)	0,8 (g/día)
Cadmio	0,01 (mg/l)	0,16 (g/día)
Cianuro	0,2 (mg/l)	3,2 (g/día)
Cobre	1 (mg/l)	16 (g/día)
Cromo total	0,1 (mg/l)	1,6 (g/día)
Cromo hexavalente	0,05 (mg/l)	0,8 (g/día)
DBO ₅	250 (mg/l)	4000 (g/día)
Fósforo	5 (mg/l)	80 (g/día)
Hidrocarburos	10 (mg/l)	160 (g/día)
Mercurio	0,001 (mg/l)	0,02 (g/día)
Níquel	0,1 (mg/l)	1,6 (g/día)
Nitrógeno amoniacal	50 (mg/l)	800 (g/día)
pH	6 - 8	6 – 8
Plomo	0,2 (mg/l)	3,2 (g/día)
Poder espumógeno	5 mm	5 mm
Sólidos sedimentables	6 ml/ L 1h	6 ml/ L 1h
Sólidos suspendidos totales	220 (mg/l)	3520 (g/día)
Sulfatos (disueltos)	300 (mg/l)	4800 (g/día)
Sulfuro	3 (mg/l)	48 (g/día)
Temperatura	20°C	20°C
Zinc	1 (mg/l)	16 (g/día)

B. Categorías CIIU

Tabla 5: Categorías CIIU

CIIU		
Niveles	Elementos por nivel	Estructura del código
Secciones	17	Código de una letra entre la A y la Q
Divisiones	60	Códigos numéricos de 01 al 99
Grupos	160	Códigos numéricos del 011 al 990
Clases	297	Códigos numéricos del 0111 al 9900
Subclases	597	Códigos numéricos del 01111 al 99000
Código	686	Códigos numéricos del 011111 al 990000

C. Ejemplo CIIU

Tabla 6: Ejemplo CIIU

CIIU						
División	Grupo	Clase	Sub clase	Código	Glosa	Notas
01					Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexos	
	011				Cultivos en general; cultivo de productos de mercado; horticultura	
		0111			Cultivo de cereales y otros cultivos n.c.p.	Principalmente aquellos cultivos realizados en grandes extensiones
			01111		Cultivo de cereales	
				011111	Cultivo de trigo	Incluye triticales
				011112	Cultivo de maíz	
				011113	Cultivo de avena	
				011114	Cultivo de arroz	
				011115	Cultivo de Cebada	
				011119	Cultivo de otros cereales	Cultivo centeno, alpiste, sorgo y otros

D. Descripción actividades económicas de acuerdo a la CIIU

CIIU	<i>Descripción</i>
11121	Cría de ganado bovino
11123	Producción de leche, excepto acopio
11124	Cría de ganado ovino y su explotación lanera
11125	Cría de ganado porcino
11127	Cría de aves, para producción de carnes y huevos
21001	Explotación de minas de carbón
22001	Producción de petróleo crudo
230 **	Extracción de minerales metálicos
290 **	Extracción de otros minerales
31111	Matanza de ganado
31112	Frigoríficos, excepto los clasificados en código 71921
	Matanza y conservación de aves
31113	Preparación de fiambres, embutidos y conservas de carnes
31121	Fabricación de mantequilla y quesos, quesillos, crema, yogurt
31122	Fabricación de leche condensada, en polvo o elaborada
31123	Fabricación de helados, sorbetes y otros postres
31131	Elaboración y envasado de frutas y legumbres, incluidos los jugos
	Elaboración de pasas, frutas y legumbres secas
31132	Fabricación de dulces, mermeladas, jaleas
31133	Fabricación de conservas, caldos concentrados y otros alimentos deshidratados
31141	Elaboración de pescado, crustáceos y otros productos marinos
31151	Elaboración de aceites y grasas vegetales y subproductos
31152	Elaboración de aceites y grasas animales no comestibles
31153	Extracción de aceites de pescado y otros animales marinos
31154	Producción de harina de pescado
31174	Elaboración de fideos, tallarines y otras pastas
31181	Fabricación y refinación de azúcar
31191	Fabricación de cacao y chocolate en polvo
31211	Fabricación de condimentos, mostazas y vinagres
31212	Fabricación de almidón y sus derivados
31214	Fabricación de levaduras
31221	Elaboración de alimentos preparados para animales
31311	Destilación de alcohol etílico
31312	Destilación, rectificación de bebidas alcohólicas
31321	Fabricación de vinos
31322	Elaboración de sidras y otras bebidas fermentadas, excepto las malteadas
31331	Elaboración de malta, cerveza y bebidas malteadas
31341	Elaboración de bebidas no alcohólicas y aguas minerales gasificadas y embotellado de aguas naturales y minerales
32113	Tintorerías industriales y acabados de textiles
32114	Estampados
32132	Fabricación y acabado de tejidos de punto, cuando incluyan blanqueo y teñido
32311	Curtiduría y talleres de acabado
32321	Preparación y teñido de pieles
33111	Aserraderos
34111	Fabricación de pulpa de madera
34112	Fabricación de papel y cartón
3419	Fabricación de artículos de pulpa, papel y cartón
34201	Imprenta y encuadernación. (Sólo las que usan tinta)
34202	Fotograbado y litografía
34204	Editoriales
35111	Fabricación de productos químicos industriales básicos, orgánicos e inorgánicos

CIU	<i>Descripción</i>
35121	Fabricación de abonos
35122	Fabricación de plaguicidas, insecticidas, fungicidas y herbicidas
35211	Fabricación de pinturas, barnices, lacas, esmaltes y charoles
35212	Fabricación de productos conexos al CIU 35211
35221	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos
35231	Fabricación de jabones, detergentes y champús
35232	Fabricación de perfumes, cosméticos, lociones, pasta dentífrica y otros productos de tocador
35291	Fabricación de ceras
35292	Fabricación de desinfectantes y desodorizantes
35293	Fabricación de explosivos y municiones
35294	Fabricación de colas, adhesivos, aprestos y cementos
35296	Fabricación de tintas
35301	Refinería de petróleo
35401	Fabricación de materiales para pavimento y techado a base de asfalto
35402	Fabricación de briquetas de combustibles y otros productos derivados del petróleo y del carbón
36201	Fabricación de vidrios planos y templados
36202	Fabricación de espejos y cristales
36204	Fabricación de parabrisas y vidrios para vehículos
36915	Fabricación de material refractario
36921	Fabricación de cemento, cal, yeso y tubos de cemento
37201	Fabricación de productos primarios de metales no ferrosos
38121	Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos
38196	Esmaltado, barnizado, lacado, galvanizado, chapado y pulido de artículos metálicos
38211	Fabricación y reparación de motores, turbinas y máquinas de vapor y de gas, excepto calderas
38323	Fabricación de discos, cintas magnéticas, cassetes
38326	Fabricación de aparatos y válvulas de radiografías, fluoroscopia y otros aparatos de rayos X
38332	Fabricación de planchadoras, ventiladoras, enceradoras y aspiradoras y otros aparatos y accesorios eléctricos de uso doméstico
38392	Fabricación de ampolletas, tubos eléctricos, focos, pilas eléctricas, linternas
38411	Astilleros
38421	Construcción, reparación y modificación de maquinaria y equipo ferroviario
38431	Construcción, montaje, reconstrucción y reformas de vehículos automóviles
38432	Fabricación de piezas y accesorios para vehículos automóviles tales como motores, frenos, embragues, cajas de cambio, transmisiones, ruedas y chasis
38441	Fabricación de bicicletas y motocicletas y sus piezas especiales
38451	Fabricación de aeronaves y sus partes
38512	Producción de instrumentos y suministros de cirugía general, cirugía dental y aparatos ortopédicos y protésicos
41011	Generación, transmisión y distribución de electricidad
41021	Producción y distribución de gas
61127	Comercio al por mayor. Corretaje de ganado
61561	Importadores y distribuidores de automóviles, camiones y camionetas, motos, repuestos accesorios
71111	Transporte ferroviario y servicios conexos
92001	Rellenos sanitarios
95201	Lavanderías y tintorerías
95921	Estudios fotográficos

CIUU	PARAMETRO																									
	pH	T°	S.S	S.D.	AyG	HC	DBO ₅	As	Cd	CN'	Cu	Cr	Cr ⁺⁶	P	Hg	Ni	NH ₄ ⁺	P b	SO ₄ ⁻²	S ⁻²	Zn	PE	B	Al	Mn	
38392	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*			
38411	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38421	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38431	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38432	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38441	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38451	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
38512	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
41011	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
41021	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*		
61127	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
61561	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
71111	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
92001	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
95201	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
95921	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

F. Ejemplo de Cálculo del Balance Másico de Agua

Empresa N°1 Fabricación de Vinos:

Para empezar el cálculo, se necesita conocer el agua de procesos. Para esto, al consumo total mensual de la empresa, se le resta lo que consumen las personas que trabajan en ella. Con esto, se obtiene un valor muy cercano al agua utilizada solo en el proceso.

Se cuenta con el consumo mensual de agua. También se sabe que trabajan 220 personas, 190 operarios y 30 empleados que realizan labores de oficina. El consumo diario de agua considerado por persona es de 200 [l/hab] para operarios y 50 [l/hab] para empleados de oficina. En total, se obtiene que los empleados consumen 1210000 litros de agua mensual. Al restar dicho valor al consumo de agua total se obtiene el agua de procesos.

Tabla 7: Consumos de agua

Consumo Agua Total	Consumo Empleados	Consumo Agua de Procesos
[l/mes]	[l/mes]	[l/mes]
73250000	1210000	6140000

Con el valor del consumo de agua mensual en el proceso, y sabiendo la producción mensual de cada empresa (información obtenida en las visitas a terreno), se obtiene finalmente el agua que utiliza la empresa en la realización del proceso, en este caso, elaboración de vino.

El consumo eficiente se obtiene de la bibliografía, y finalmente se realiza el cálculo de la desviación del valor eficiente, utilizando la fórmula de errores simple:

$$Desviación = \frac{Consumo\ Obtenido - Consumo\ Eficiente}{Consumo\ Eficiente}$$

Obteniendo los resultados siguientes:

Tabla 8: Resultados finales balance másico de agua

Consumo Agua de Procesos	Producción Mensual	Utilización Final Agua	Consumo Eficiente de Agua	Desviación del Valor Eficiente
[l agua/mes]	[l vino/mes]	[l agua/ l vino]	[l agua/ l vino]	[%]
6140000	1260000	4,87	2,25	117

G. Nomenclatura

Tabla 9: Nomenclatura

Símbolo	Nombre	Unidad
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l
DQO	Demanda química de oxígeno	mg/l
T	Temperatura del agua	°C
SO ₄ ⁻²	Sulfatos disueltos	mg/l
S ⁼	Sulfuro	mg/l
HC	Hidrocarburos totales	mg/l
AyG	Aceites y grasas	mg/l
Cr ⁺⁶	Cromo hexavalente	mg/l
PE	Poder espumógeno	mm
NH ₄ ⁺	Nitrógeno amoniacal	mg/l
CN ⁻	Cianuro	mg/l
CIU	Clasificación industrial internacional uniforme	---
SISS	Superintendencia de servicios sanitarios	---
CO ₂	Dióxido de carbono	---
Na ₂ CO ₃	Carbonato sódico	mg/l
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico	mg/l
DFP	Diagrama de flujo de procesos	---
SD	Sólidos sedimentables	mg/l h
SS	Sólidos suspendidos totales	mg/l